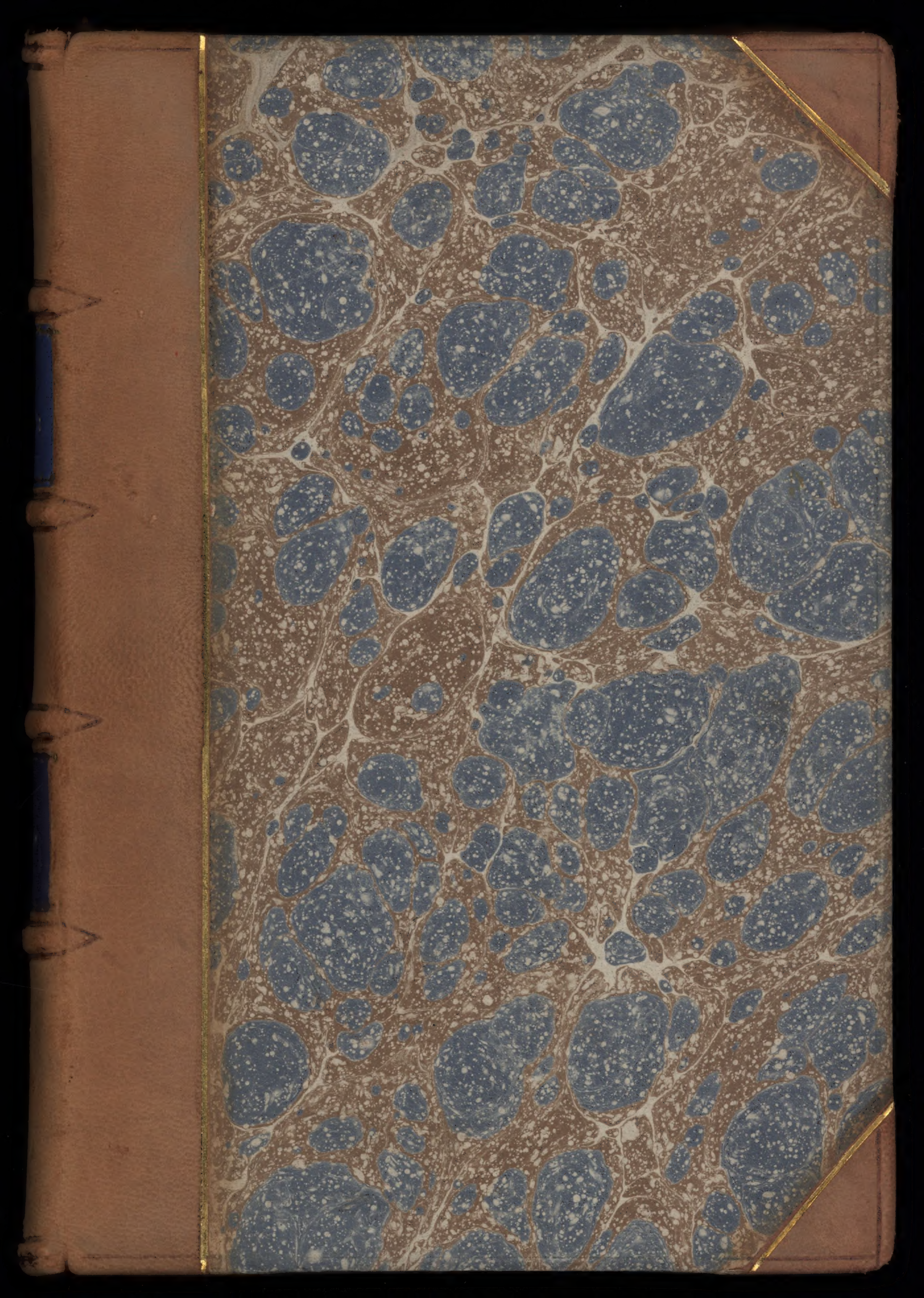
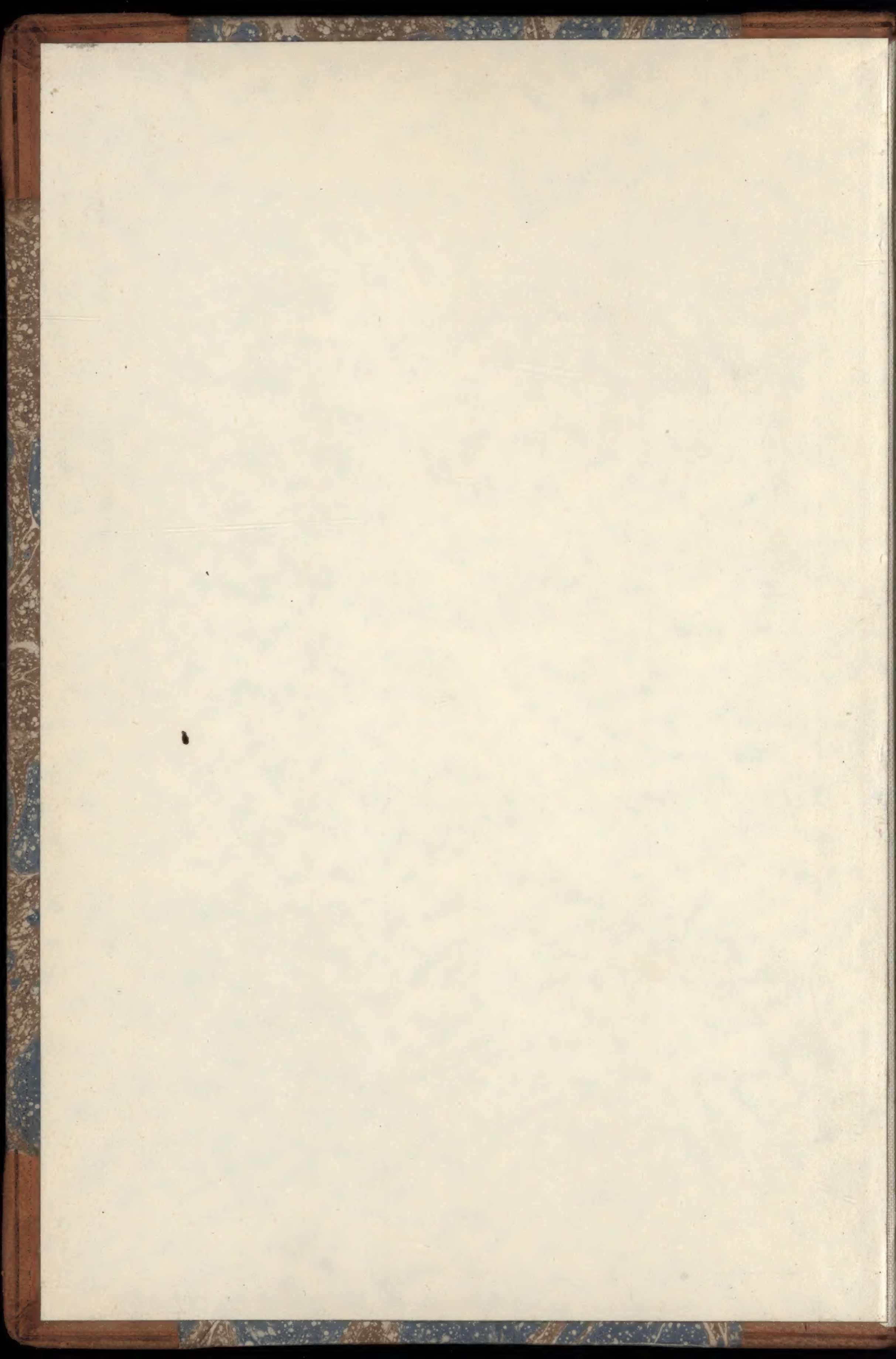
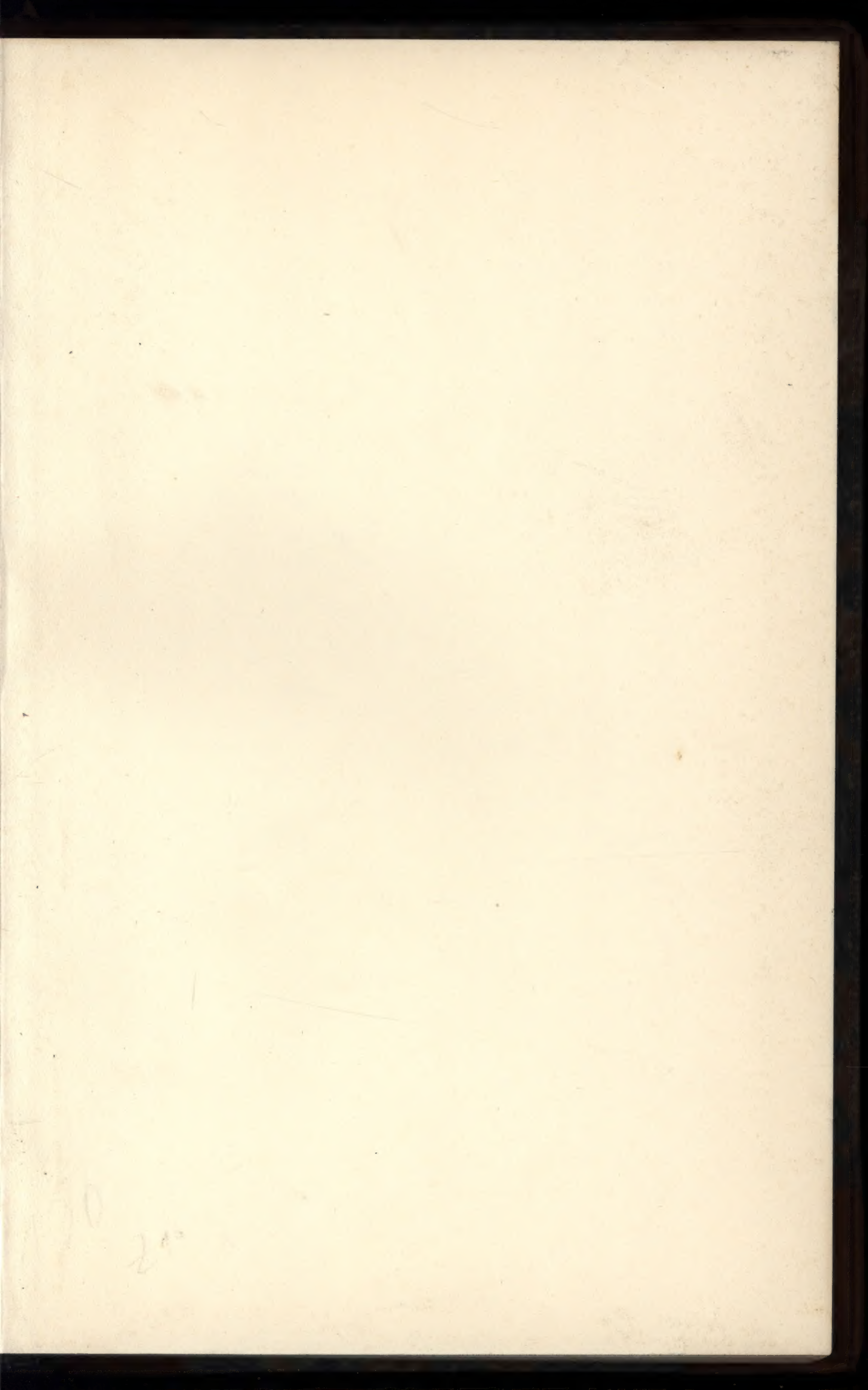
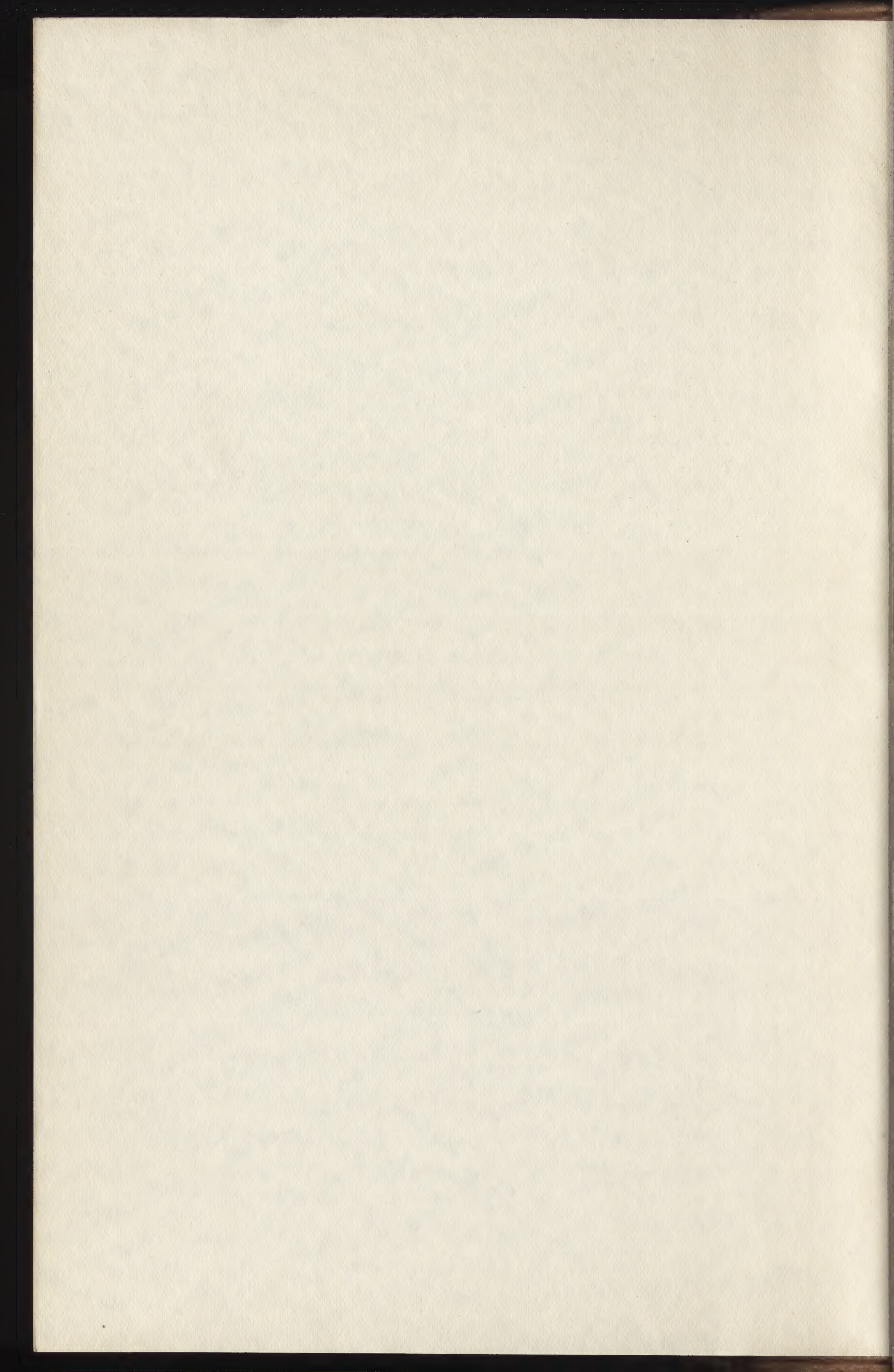
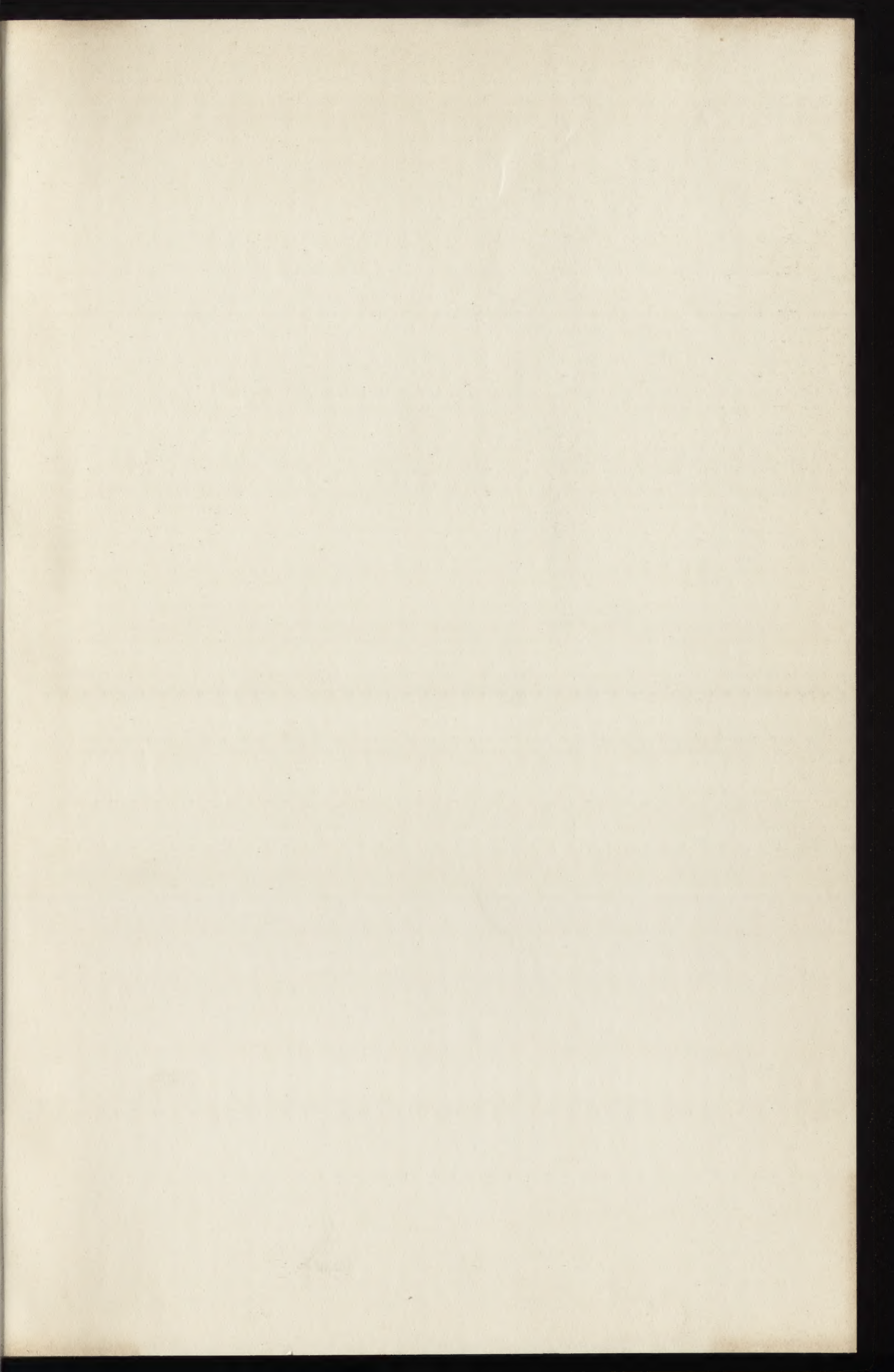
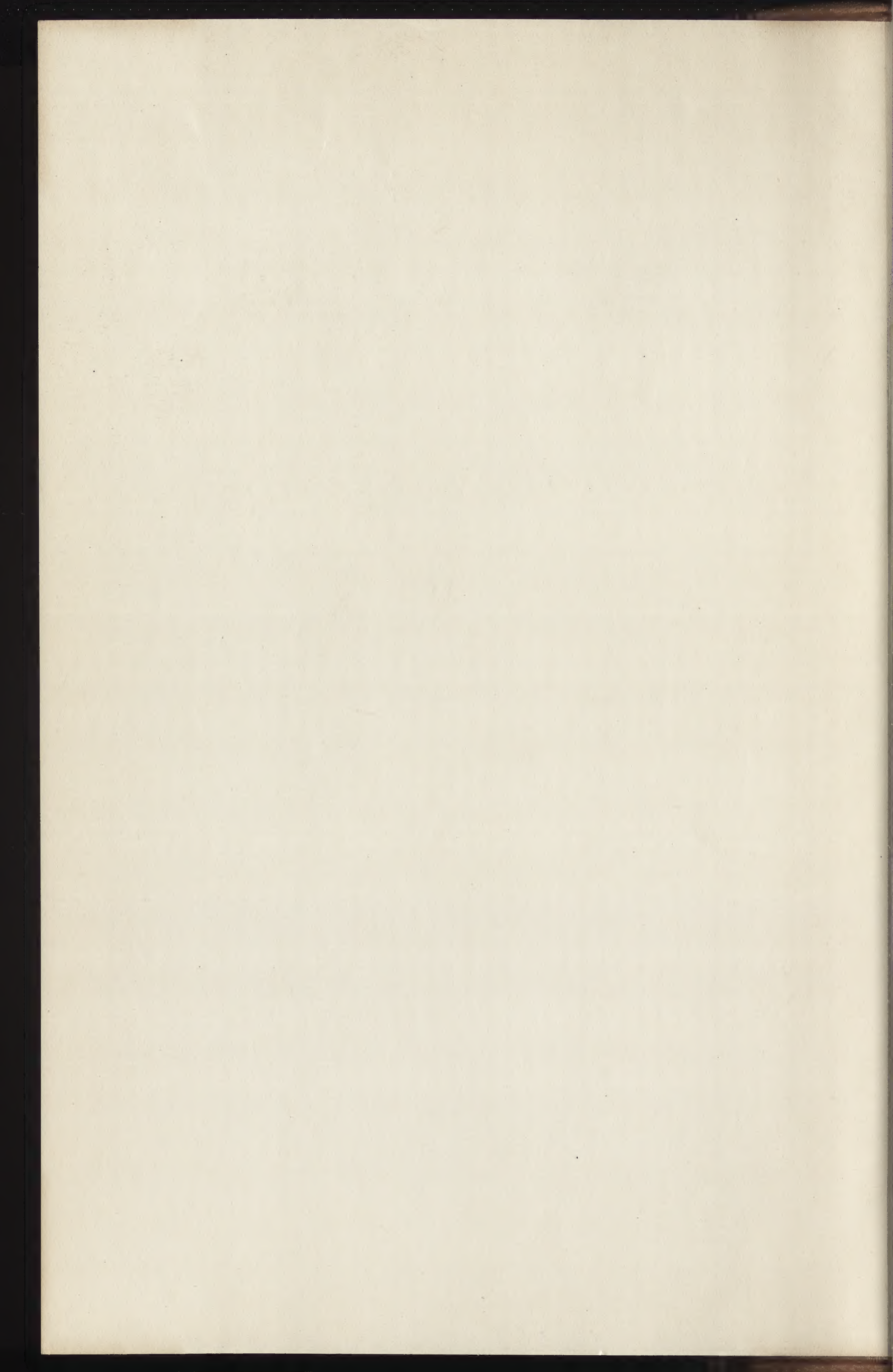


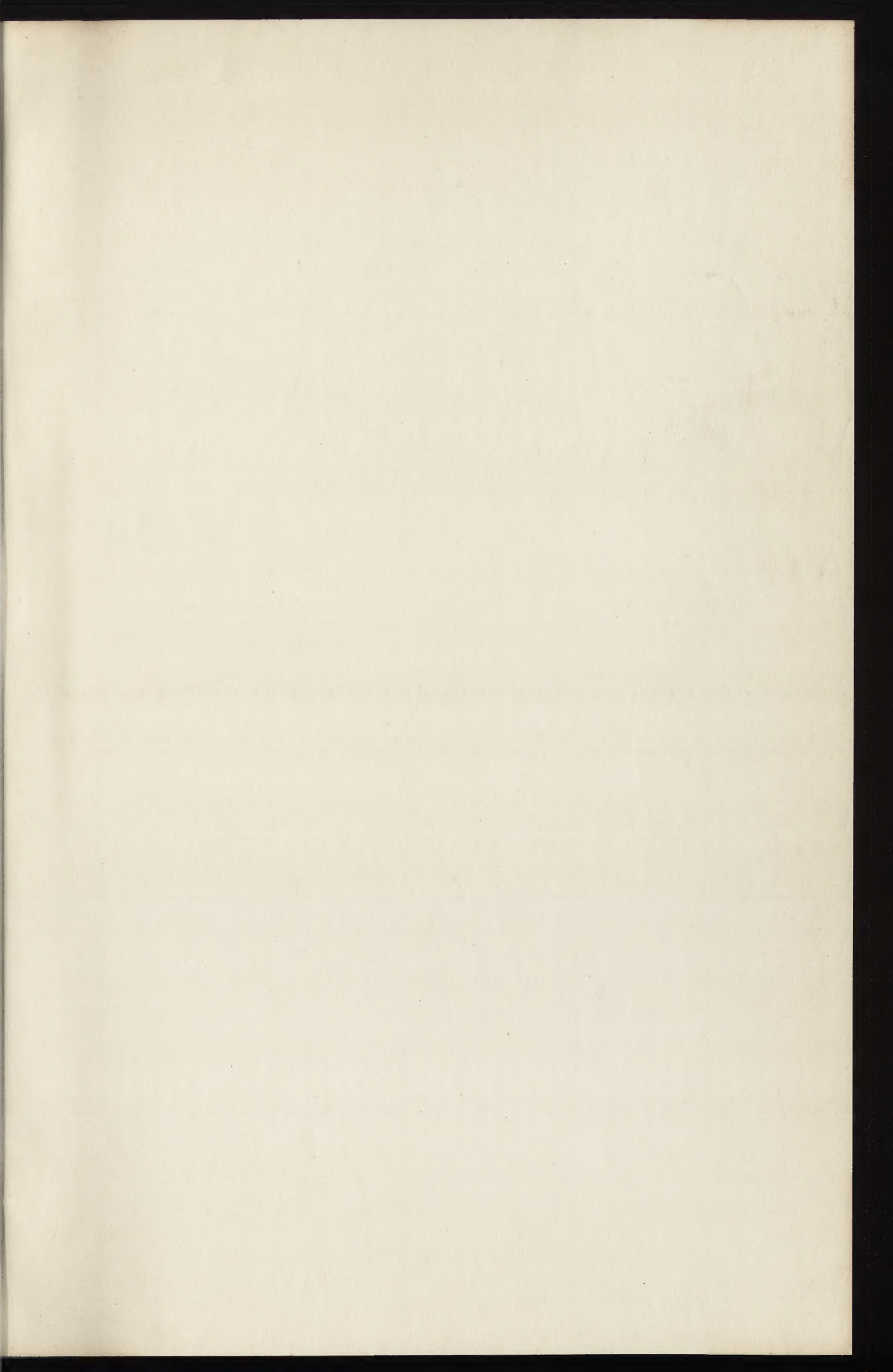


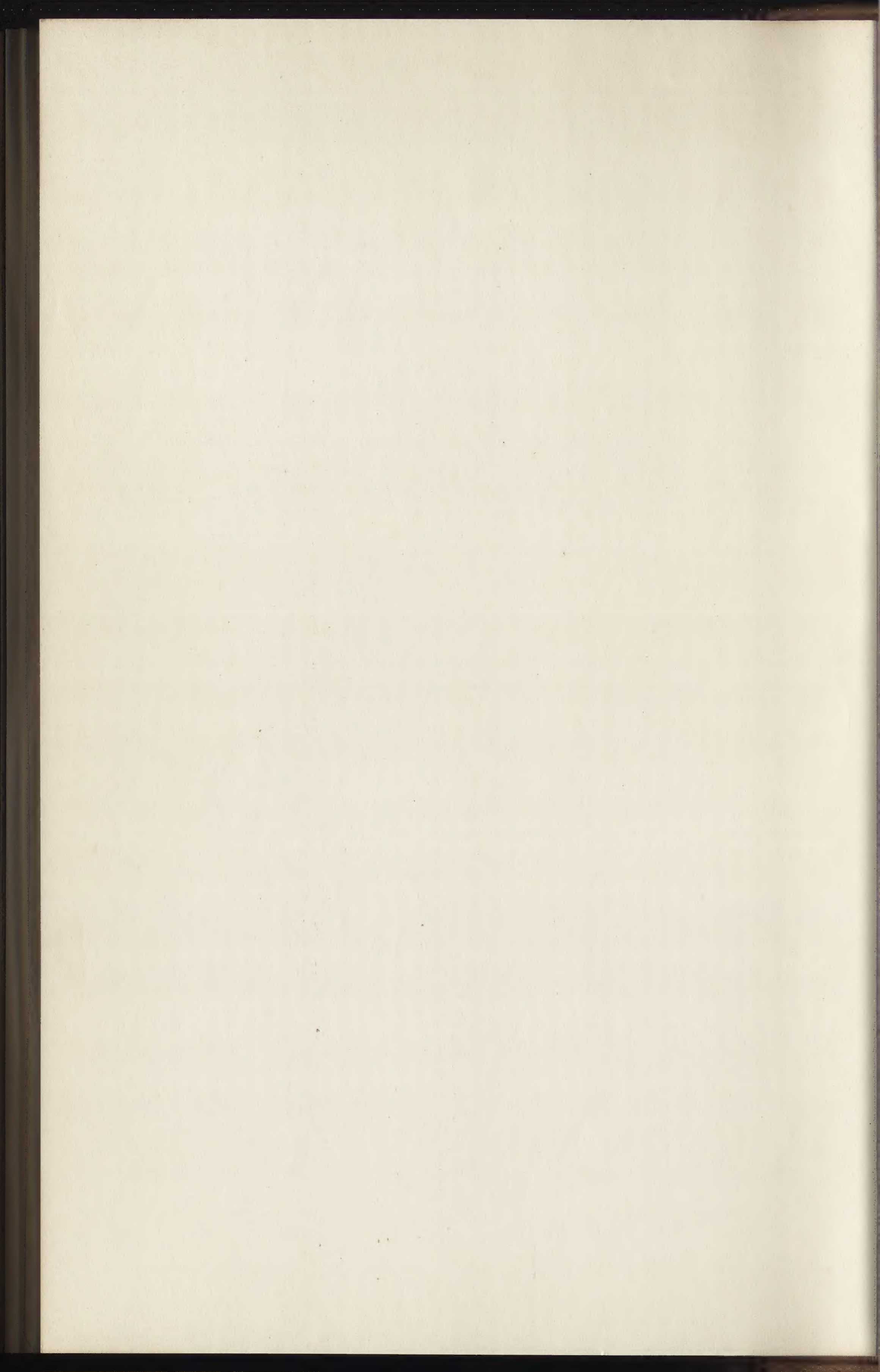






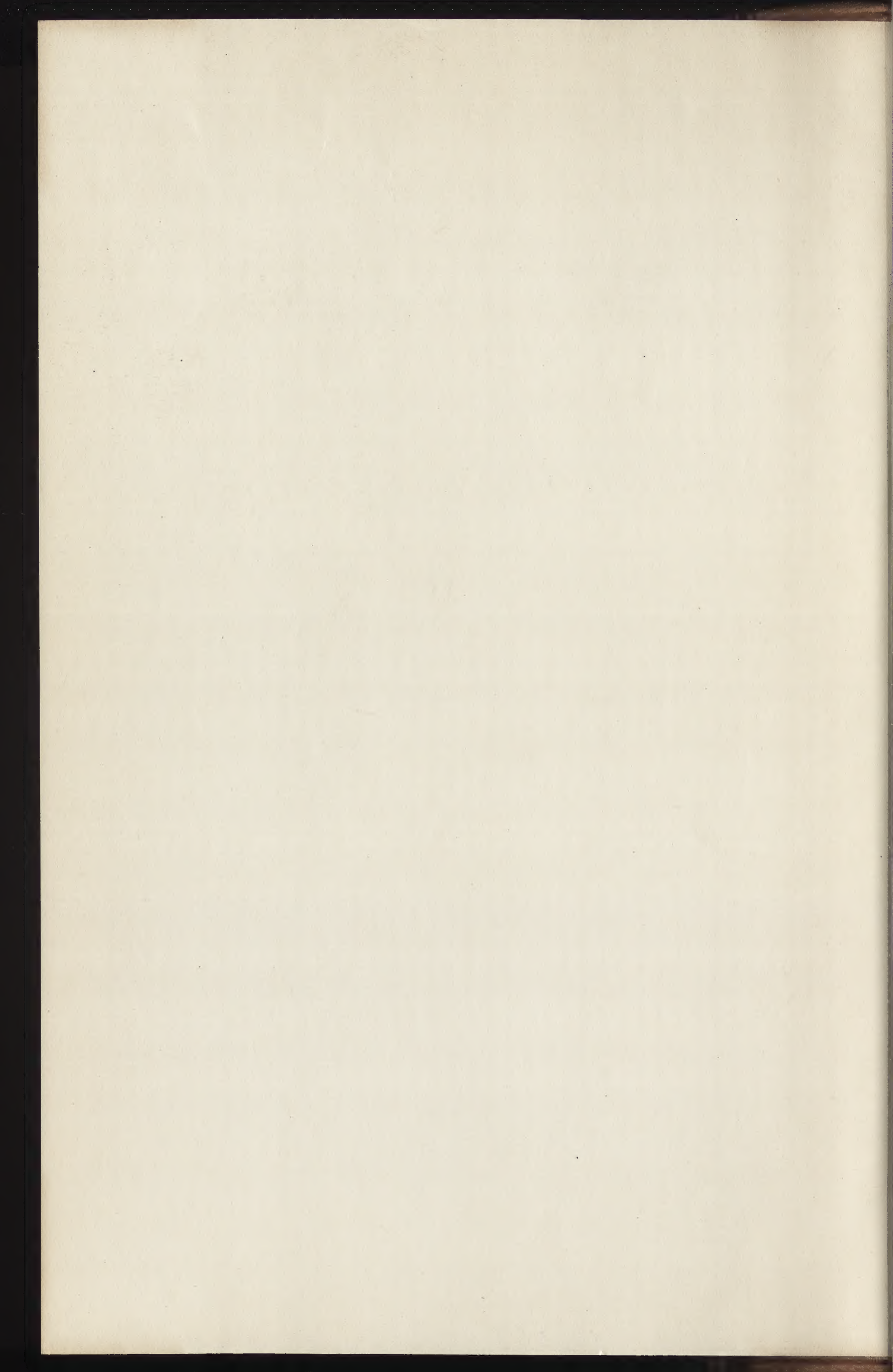






HERMANN VON HELMHOLTZ

ERSTER BAND







H. v. Helmholtz

Nach dem Portrait von Franz von Lenbach 1876
Im Besitz von
Frau Ellen von Siemens geb. von Helmholtz

HERMANN VON HELMHOLTZ

VON

LEO KOENIGSBERGER

ERSTER BAND

MIT DREI BILDNISSEN

BRAUNSCHWEIG
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN
1902

VORWORT.

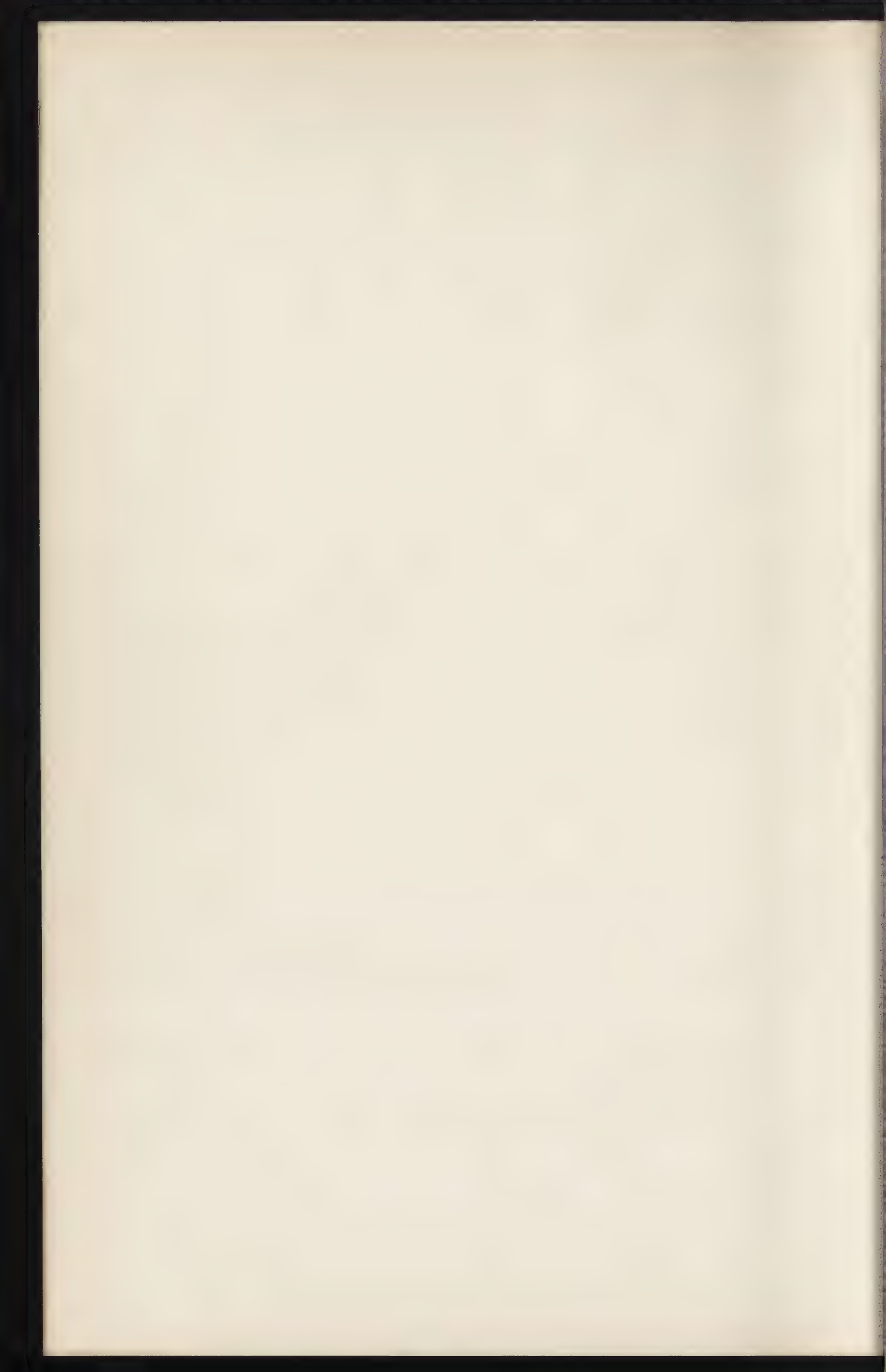
Vieljährige persönliche und wissenschaftliche Beziehungen zu Hermann von Helmholtz und der dringend wiederholte Wunsch seiner jetzt verstorbenen Wittwe Frau Anna von Helmholtz haben mich am Ende des vorigen Jahres den Entschluss fassen lassen, eine Biographie des grossen Naturforschers zu entwerfen.

Die mir durch Briefe und Mittheilungen von Seiten der Angehörigen und von einer grossen Anzahl ausgezeichneter Gelehrter und Freunde gewährte Beihülfe, sowie die von der preussischen Unterrichtsverwaltung mir gestattete Einsichtnahme in die Acten von Helmholtz, vor Allem aber das bereitwilligste Entgegenkommen und die thatkräftigste Unterstützung seiner Tochter Frau Ellen von Siemens haben es mir ermöglicht, eine zusammenhängende Darstellung seines Lebensganges zu liefern, und ich spreche für die mir zu Theil gewordene Unterstützung meinen wärmsten Dank aus.

Inwieweit und ob überhaupt der Mathematiker befähigt war, die auf den verschiedensten Gebieten menschlichen Wissens epochemachenden Leistungen von Helmholtz in einer allgemein verständlichen Form zur Anschauung zu bringen, möge der nachsichtige Leser entscheiden.

Heidelberg, im October 1902.

Leo Koenigsberger.



INHALTS-ÜBERSICHT

UND

VERZEICHNISS DER WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN VON H. VON HELMHOLTZ.

Erster Band.

VERZEICHNISS

DER

BILDNISSE VON HERMANN VON HELMHOLTZ

AUSGEFÜHRT IN DREI HELIOGRAVUREN
BEI MEISENBACH, RIFFARTH & CO., BERLIN-SCHÖNEBERG.

Das Elternhaus von Hermann Helmholtz.

August Ferdinand Julius Helmholtz wurde am 21. December 1792 in Berlin geboren, besuchte das Friedrichs-Gymnasium daselbst und wurde am 15. October 1811 von Marheinecke in der theologischen Facultät der Universität Berlin immatriculirt. Wiewohl von Natur mit einem schwächlichen Körper ausgerüstet, nahm er doch an dem Feldzuge von 1813 bis 1814 Theil; er wurde unmittelbar nach dem königlichen Aufruf am 30. März 1813 als freiwilliger Jäger in Breslau in Eid genommen und nach der Schlacht bei Dresden am 8. September zum Secondelieutenant ernannt.

Als er nach dem Pariser Frieden 1814 die erbetene Entlassung erhalten, ging er wieder nach Berlin zurück, gab jedoch, da er bei der in seiner Jugendzeit herrschenden hyperorthodoxen Richtung aus schweren Gewissensbissen sich nicht herauszuarbeiten vermochte, das theologische Studium auf und wählte Philologie als Brotstudium, wenn er auch am liebsten seiner innersten Neigung folgend Philosoph geworden wäre; am 11. October 1814 trat er unter dem Decanat von Aug. Boeckh in die philosophische Facultät über. Da er in Folge eines lange andauernden schleichenden Nervenfiebers dem Feldzuge von 1815 „entsagen musste“, nahm er zunächst eine Hauslehrerstelle an, in der er sich als Erzieher zweier talentvoller und strebsamer Zöglinge zufrieden und glücklich fühlte, und aus der er nur ungern schied, um für seine Zukunft zu sorgen und eine feste Stellung anzubahnen.

Er wurde, nachdem er bei der wissenschaftlichen Prüfungscommission in Berlin sein Examen abgelegt, an das Gymnasium zu Potsdam berufen und erhielt am 1. October 1820 seine Bestallung als Oberlehrer, Ostern 1827 als Subrector und im Februar 1828 das königliche Patent als Professor.

Unmittelbar nachdem er seine Stellung am Gymnasium angetreten, heirathete er am 5. October 1820 Fräulein Caroline Penne, die am 22. Mai 1797 geborene Tochter eines hannoverschen Artillerieofficiers — in männlicher Linie von dem bekannten amerikanischen Bürger William Penne, von dem der Name Pennsylvanien herrührt, in weiblicher aus einer zum Refuge gehörigen Familie Sauvage abstammend —, mit der er in glücklichster Ehe bis zum Jahre 1854 vereint lebte, und die in treuer Erfüllung ihrer Pflichten als Mutter und Gattin ihrem Manne den schweren Beruf erleichterte, der durch Pflicht und eigene Gewissenhaftigkeit auf ihm lastete. Die innige Liebe, welche die beiden Gatten durch das ganze Leben hin verband, finden wir in schönen und erhebenden Worten in den an W. Wackernagel gerichteten Gedichten ausgesprochen, welche sich noch heute in den alten Familienpapieren vorfinden.

Caroline Helmholtz wird als eine äusserlich ungemein einfache Frau geschildert, von tiefem Gemüth und geistiger Regsamkeit; plastisch war alles, was sie sagte, klar und hell ihr schlichtes Urtheil; wie von einer Art Divination geleitet durchschaute sie etwas Fragliches ohne Schwierigkeit „scheinbar ohne Nachdenken bis in die letzten Consequenzen“ und sprach es in einfacher Form aus. „Eine feinfühlige Officierstochter“, sagt der jüngste Sohn Otto, „musste sie bei den engen Verhältnissen, die ihr der Vater nur schaffen konnte, ihr ganzes Leben den Sorgen des Haushaltes und der Erziehung der Kinder, namentlich beider Töchter, widmen, denn meines Vaters Körper war aus den Feldzügen sehr geschwächt hervorgegangen.“ Und

sein Beruf war schwer, denn gar strenge herrschte in Preussen das Regiment der Vorgesetzten, freilich zum Glücke Preussens, zum künftigen Heile ganz Deutschlands.

Noch ist uns die für die strenge Disciplin im preussischen Beamtenstande und für den Geist, in dem die heranwachsende Jugend erzogen wurde, charakteristische Antwort des Consistoriums erhalten auf die in einer Eingabe ausgesprochene Bereitwilligkeit des jungen Lehrers, der allgemeinen Wittwenkasse beizutreten:

„Ihre Eingabe ist dem Inhalt nach ungenügend und rücksichtlich der Form höchst tadelnswerth. Es lag Ihnen ob, bestimmt zu erklären, und sich dadurch zu verpflichten, dass Sie Ihre künftige Gattin bei der allgemeinen Wittwenversorgungsanstalt zu einer Pension von wenigstens 100 Thlr. einkaufen würden, daher die Erklärung, dass Sie entschlossen wären, sich zum Einkauf Ihrer Gattin zu verpflichten, einleuchtend nicht genügt. Jene Erklärung erwarten wir also noch binnen 8 Tagen . . . . . . Was die Form betrifft, so musste es Ihnen bekannt sein oder wenigstens das Schicklichkeitsgefühl Ihnen sagen, dass eine officielle Erklärung oder Eingabe an ein Landescollegium nicht auf einem einzelnen Blatte, sondern auf einem ganzen Bogen abgefasst sein muss. Das von Ihnen eingereichte Blatt trägt die Beweise der grössten Unaufmerksamkeit und der Vernachlässigung der Ehrerbietung, welche Sie Ihrem vorgesetzten Landescollegio und dessen Chef, von welchen der Bescheid vom 3. d. M. ausgegangen war, schuldig sind. Wir können nicht umhin, Sie hierauf der Folgen wegen aufmerksam zu machen, und Ihnen die Beobachtung der Anständigkeit und des Dienstverhältnisses wohlmeinend anzurathen.“

Aber derartige Zurechtweisungen nahm der junge preussische Beamte mit der ihm angeborenen Achtung vor den Anordnungen der vorgesetzten Behörde ruhig hin. Er ergab sich mit Liebe und Freude seinem Lehrerberufe, unterrichtete im Deutschen und in der Philosophie, übersetzte

und interpretirte seinen Schülern Plato, die Odyssee, Ovid und Virgil, selbst der mathematische und physikalische Unterricht wurde ihm in den oberen Klassen vier Jahre hindurch anvertraut, und er widmete sich auch diesem, wie der damalige Director Blume ausdrücklich der Behörde gegenüber bezeugt hat, mit regem Eifer und voller Hingabe, — und trotz dieser fast erdrückenden Beschäftigung behielt er noch hinreichende Zeit, um sich der Malerei zu widmen, ohne je darin Unterricht genossen zu haben, philosophische Studien zu treiben und eine Reihe von wissenschaftlich interessanten Programmabhandlungen zu verfassen: „Ueber die erste Entwicklung der Hellenen“, „Die Wichtigkeit der allgemeinen Erziehung für das Schöne“, „Ueber die geschichtliche Aufgabe des nächsten Jahrhunderts“ und „Die Araber, geschildert aus der Hamasa“, welche später auch die volle Anerkennung hervorragender Philologen gefunden haben. „Er besitzt eine vortreffliche ästhetische Bildung, die sich auf umfassende litterarische Studien stützt, ist von allgemeinem wissenschaftlichen Interesse beseelt, sein Unterricht ist anregend und fördernd, und er zeigt durchweg eine gebildete innerliche Individualität“, so lautet der officielle Directorialbericht, und es wird darin weiter sein wohlthätiger Einfluss auf die Gesinnung und das Streben der Schüler nicht minder hervorgehoben, als es jetzt aus dem Munde von noch lebenden Schülern geschieht, von denen sich viele in den angesehensten Lebensstellungen befinden.

„Die Aelteren unter uns haben noch die Männer jener Periode gekannt, die einst als die ersten Freiwilligen in das Heer traten, stets bereit, sich in die Erörterung metaphysischer Probleme zu versenken, wohlbelesen in den Werken der grossen Dichter Deutschlands, noch glühend von Zorn, wenn vom ersten Napoleon, von Begeisterung und Stolz, wenn von den Thaten des Befreiungskrieges die Rede war“,

lauteten die Worte eines unsterblichen Mannes, die 50 Jahre später zur Stiftungsfeier der Berliner Universität gesprochen wurden.

Das Brotstudium, wie er selbst seine Philologie bezeichnete, scheint, so weit es das Latein betrifft, in der That nur ein solches gewesen zu sein, hingegen war er ein begeisterter Hellenist und wirkte auf seine Gymnasiasten dadurch kräftig ein, dass er sie zum Erfassen der poetischen Schönheiten anzuregen suchte, anstatt die bloss grammatische Seite zu cultiviren. Dass er mit Vorliebe der griechischen Sprache sich hingab, während er den gewünschten, schon von seinen Lehrern im Friedrichs-Gymnasium bei ihm vermissten Ciceronianischen Stil sich nie anzueignen vermochte, suchte er später häufig, den Anschauungen seines grossen Sohnes folgend, dadurch zu erklären, „dass auch das Sprachtalent nicht ein einiges sei, sondern, wie alle anderen geistigen Functionen, eine Addition verschiedener Summanden".

Er war einer der bedeutendsten Lehrer der Anstalt und wurde sehr oft in Gemeinschaft mit dem Mathematiker Meyer durch freiwillige Ovationen der Schüler ausgezeichnet. „Zu unseren schönsten Stunden gehörte es", schreibt noch heute ein hervorragender Mann im preussischen Staatsdienst, „wenn er, unseren Bitten nachgebend, uns aus Dichtungen, Dramen, Balladen u. s. w. vorlas; ich erinnere mich z. B., wie er einmal den ersten Monolog im „Faust" und ein anderes Mal Bürger's „Lied vom braven Mann" so stimmungsvoll und wirksam vortrug, dass wir regungslos und in tiefer Andacht ihm lauschten — oft im Leben erklang mir und noch heute höre ich seine damalige Stimme und sehe dabei seine ausdrucksvolle Miene."

Aber neben aller Gewissenhaftigkeit des Pädagogen brach doch noch oft der Feuereifer des begeisterten Freiheitskämpfers durch. Auf Bitten der Schüler liess er sich einmal verleiten, drei Stunden des deutschen Unterrichts, den er als Ordinarius in der Secunda gab, dazu zu ver-

wenden, den Schülern eine Schilderung der geistigen Erhebung zu geben, welche vor 1813 im preussischen Volke herrschte; in Begeisterung jubelten ihm alle zu. Aber der Director erfuhr davon, und der so beliebte Lehrer erhielt einen Verweis, sowie Androhung sofortiger Entlassung, wenn etwas Aehnliches noch einmal vorkommen sollte. Es war die Zeit in der Mitte der vierziger Jahre, in welcher der Druck kirchlicher und staatlicher Reaction schwer auf dem preussischen Volke lastete, die in Potsdam vornehmlich den sogenannten Treubund als Frucht zeitigte, dem auch der Director der Anstalt und mehrere Lehrer derselben angehörten.

So kam es, dass, wenn auch noch bisweilen in kleinerem Kreise sein Unmuth über die politische Entwickelung Deutschlands hervorbrach, ihn doch die Rücksicht auf seine Familie zwang, das Opfer des Schweigens zu bringen; denn schon im Jahre 1821 war sein ältester Sohn Hermann geboren, kurz darauf seine Töchter Marie und Julie, 12 Jahre danach sein Sohn Otto und später noch zwei, schon sehr früh in den Jahren 1836 und 1839 gestorbene Söhne Ferdinand und Heinrich, die Besoldung war eine karge — erst am Ende seiner Lehrerlaufbahn bezog er einen Gehalt von 1050 Thlr. — und als treuer Gatte und fürsorgender Vater blieb ihm nichts übrig, als seine politischen Gedanken allmählich ganz in seinem Innern zu verschliessen und selbst in seinem eigenen Hause im vertrauten Umgange mit dem Prof. Meyer und den Seinigen die politischen Gespräche völlig zu meiden. Stets allein und in philosophische Gedanken vertieft, machte er von nun an seine Spaziergänge nach der historischen Mühle von Sanssouci.

Wenn er aber auch fernerhin seinen politischen Ansichten nicht mehr öffentlich Ausdruck geben durfte, so konnte er es doch mit seinen philosophischen Anschauungen nicht in Einklang bringen, auch der kirchlichen Orthodoxie gegenüber sich Schweigen aufzuerlegen. Eine grosse Reihe von Ausarbeitungen und Entwürfen zu Reden zeigen uns den

von tiefen philosophischen Ideen getragenen, von den edelsten religiösen Gedanken beseelten gläubigen Christen; wahrhaft religiöser Sinn erfüllte ihn, den Lehrer der Jugend, war ihm die Basis für eine sittliche Gemeinschaft mit seiner Frau und für eine ethische Erziehung seiner Kinder. Aber jeder kirchliche Zelotismus war ihm verhasst, und so trat er unbedenklich in Gemeinschaft mit seinem späteren Director der von Männern wie Alschefski, Bellermann, Bonnel, Jonas, Lisco, Meinecke u. A. entworfenen und am 15. August 1845 veröffentlichten Erklärung bei, die mit den Worten beginnt: „Es hat sich in der evangelischen Kirche eine Partei geltend gemacht, welche starr an der Fassung des Christenthums hält, wie sie solche aus den Anfängen der Reformation ererbt hat. Diese Formel ist ihr Papst. Gläubig ist ihr, wer sich unbedingt derselben unterwirft, ungläubig aber, auch politisch verdächtig sind ihr alle diejenigen, welche sich dieselbe nicht angeeignet haben“, und fortfährt: „Wir erklären, dass wir eine heilsame Lösung des Kampfes nur dann für möglich halten, wenn allen Theilen das Recht freier Entwickelung ungekränkt erhalten wird . . .“

So entrollt sich allmählich vor uns ein Bild von Ferdinand Helmholtz, das es uns verstehen lässt, wenn sein bester Freund, mit dem er ein langes Leben hindurch in stetem Briefwechsel gewesen und gemeinsam so manche Reise unternommen, Im. Herm. Fichte, der Sohn von Joh. Gottlieb Fichte, und seit 1842 Professor der Philosophie in Tübingen, später in fast überschwänglicher Weise es ausspricht, „mit wie unverwelklicher, stets gesteigerter Liebe er ihm zugethan sei, und dass ihre gegenseitige Liebe für ihr beiderseitiges Leben von den wichtigsten Folgen geblieben ist“.

Ganz seiner amtlichen Thätigkeit und der Erziehung seiner Kinder hingegeben, deren weitere Entwickelung er als liebender Vater mit Aufmerksamkeit und Nachsicht, aber vermöge seiner ernsten und tief angelegten philosophischen

Natur zugleich auch mit kritischem Urtheil verfolgte, blieb er bis zum Jahre 1857 seinem Lehrerberufe in den ihm lieb und theuer gewordenen Verhältnissen treu und suchte sodann, als seine Kräfte immer mehr abnahmen, seine Pensionirung nach, die ihm von der Königl. Behörde unter der ehrenvollsten Anerkennung seiner langjährigen und verdienstlichen Wirksamkeit bewilligt wurde.

„Wir können nur wünschen", so lauten die Worte des Directors im Programm der Anstalt für das Jahr 1857, „dass in seiner den wissenschaftlichen Bestrebungen gewidmeten Musse seine geschwächte Gesundheit sich immer mehr kräftigen und ihm ein langer, schöner und heiterer Lebensabend beschieden sein möge."

Hermann Helmholtz' Jugendjahre 1821 bis 1838.

Dem jungen, noch nicht dreissigjährigen Gymnasiallehrer Ferdinand Helmholtz wurde, nachdem er ein Jahr verheirathet gewesen, von seiner Frau ein Sohn geschenkt, der einst der Familie und dem Vaterlande zum Stolz und Ruhm gereichen, der gesammten gesitteten Welt eine Leuchte der Wissenschaft sein sollte.

Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz wurde am 31. August 1821 in Potsdam in dem Hause Nr. 8 der Hoditzstrasse geboren und am 7. October in der lutherischen Heiligen-Geistkirche daselbst getauft. Er war ein wenig schönes und sehr schwächliches Kind.

„Grade mein erstes Kind", schreibt dreissig Jahre später die glückliche Mutter ihrem Sohne, „Du nämlich, mein Wunderkind, wie ich Dich von Deiner Geburt an nannte, wurde von allen unschön gefunden; mich beunruhigte aber das alles nicht, ich bewunderte mein Kind, es lächelte mich, wie es die Augen öffnete, an, ich sah nichts als Geist und Verstand."

In seinen ersten sieben Jahren war er ein körperlich kränklicher Knabe, lange an das Zimmer, häufig an das Bett gefesselt, aber stets mit lebhaftem Trieb nach Unterhaltung und nach Thätigkeit; Bilderbücher und Spiel, hauptsächlich mit Bauhölzern, füllten seine Zeit aus, liebevolle

Belehrung von Seiten der Eltern förderte ihn geistig. Jede Kinderkrankheit, der er unterworfen war, erfüllte die Eltern und Verwandten, die mit zärtlicher Liebe einander zugethan waren, immer wieder von Neuem mit schwerer Sorge; „ich wusste“, schreibt eine Cousine des Vaters, die Frau des Geheimen Ober-Finanzrathes von Bernuth in Berlin, eine Tochter des Generalstabsarztes Mursinna, am 19. Februar 1828 seinem Vater, „dass Dein Sohn das Scharlachfieber hatte; bei seiner Kränklichkeit fürchtete ich Alles. Gott sei gedankt, dass er wieder wohl ist. Sei zufrieden, dass er bis jetzt noch nicht viel hat lernen können, ich sehe es als ein Glück für den Knaben an, wenn er erst mit dem achten Jahre anfängt zu lernen. Alexander von Humboldt war acht Jahre alt und wusste noch nichts. In diesen Tagen hat ihn der König zum Präsidenten der Akademie der Wissenschaften erhoben, mit dem Titel Excellenz und einem sehr grossen Gehalt jährlich, — dies sind meine grossen Ahndungen für Deinen Sohn.“

In seinem siebenten Lebensjahre besuchte er, noch immer häufig durch Kränklichkeit am regelmässigen Schulbesuch gehindert, die Volksschule des Potsdamer Schullehrerseminars und überraschte schon dort, als er zur wissenschaftlichen Lehre der Geometrie kam, seine Lehrer dadurch, dass ihm aus den Kinderspielen mit Bauhölzern alle Thatsachen, die er erst lernen sollte, wohlbekannt und geläufig waren. Allmählich befestigte sich nun seine Gesundheit durch häufige Turnübungen und tägliches Baden, und zugleich entwickelte sich auf den vielen mit seinem Vater regelmässig unternommenen Spaziergängen in den schönen Umgebungen seiner Vaterstadt seine grosse Liebe zur Natur. So kam es, dass, als er im Frühling 1830 in die Sexta des Gymnasiums zu Potsdam eintrat, er dem Unterricht recht gut folgen konnte und schon nach einem halben Jahre in die Quinta versetzt wurde, wo er sich, wie seine Zeugnisse beweisen, die Zufriedenheit seiner Lehrer

erwarb und bereits nach einem Jahre die Reife für die Quarta erlangte; seine Handschrift wurde getadelt, seine häuslichen Rechenaufgaben nicht ganz genügend gefunden, aber Selbstthätigkeit und überall von Spannung, Eifer und eigenem Nachdenken zeugende Theilnahme am Unterricht lobend hervorgehoben. Zunächst trat ihm aber in den unteren Klassen der Mangel eines starken Gedächtnisses für unzusammenhängende Dinge hinderlich entgegen; „als erstes Zeichen davon", sagte er 50 Jahre später, „betrachte ich die Schwierigkeit, deren ich mich noch deutlich entsinne, rechts und links zu unterscheiden; später, als ich in der Schule an die Sprachen kam, wurde es mir schwerer als Anderen, mir die Vocabeln, die unregelmässigen Formen der Grammatik, die eigenthümlichen Redewendungen einzuprägen. Der Geschichte vollends, wie sie uns damals gelehrt wurde, wusste ich kaum Herr zu werden. Stücke in Prosa auswendig zu lernen, war mir eine Marter. Dieser Mangel ist natürlich nur gewachsen und eine Plage meines Alters geworden. Gedichte von grossen Meistern behielt ich sehr leicht, etwas gekünstelte Verse von Meistern zweiten Ranges lange nicht so gut."

Vor allem wirkte nun aber sein Vater mächtig auf seine geistige Entwickelung ein; während derselbe in seinem Hause bestrebt war, bei seinen Kindern, zu denen er stets ein herzliches, wenn auch nicht eigentlich zärtliches Verhältniss unterhalten, den Sinn zu wecken für das Ideale in Kunst, Poesie und Musik, und ihnen zugleich reges patriotisches Gefühl einzupflanzen sich bemühte, las er als anregender Lehrer des Griechischen mit seinen Schülern den Homer und befähigte als Leiter des deutschen Unterrichts durch prosaische Aufsätze und metrische Uebungen dieselben, ihre Gedanken in den mannigfaltigsten Ausdrucksweisen zu gestalten.

Indem so durch Erziehung und Unterricht während der je ein und einhalb Jahre, die Helmholtz in Quarta und

Tertia zubrachte, mehr die sprachliche Richtung cultivirt und die ästhetische Seite seines Denkens und Fühlens ausgebildet wurde, traten in der Secunda die mathematischen und physikalischen Lehrgegenstände in den Kreis seiner Gymnasialstudien ein. Sehr gerühmt wird von den heute noch lebenden Schülern der Anstalt der Unterricht des Professor C. Meyer, des ersten mathematischen Lehrers von Helmholtz, und wiederholt wird derselbe in den Berichten der Directoren als ganz vorzüglich bezeichnet. Ueberdies zeigt die im Osterprogramm der Anstalt vom Jahre 1838 von ihm veröffentlichte Abhandlung „Ueber die Brennlinien, welche durch die Zurückwerfung des Lichtes von Curven der zweiten Ordnung entstehen", dass Meyer mit seinen pädagogischen auch wissenschaftliche Interessen verband, und wir verdanken es vielleicht seiner Anregung, wenn Helmholtz öfter, während die Klasse Cicero oder Virgil las, welche beide ihn langweilten, unter dem Tisch den Gang der Strahlenbündel durch Teleskope berechnete und dabei schon einige optische Sätze fand, die ihm nachher bei der Construction des Augenspiegels nützlich werden sollten.

Es fesselten ihn die ersten Bruchstücke der Physik, die er auf dem Gymnasium kennen lernte, mehr, als die rein geometrischen und algebraischen Studien. Aber wenn er auch mit Interesse den physikalischen und chemischen Experimenten folgte, welche Professor Meyer im Laboratorium seinen Schülern vorführte, und auch öfter naturwissenschaftlichen Unterhaltungen seines Vaters mit dem befreundeten mathematischen Collegen beiwohnen durfte, in denen man unter anderem häufig die Frage erörterte, ob ein Perpetuum mobile möglich sei, und die vielen vergeblichen Versuche besprochen wurden, ein solches herzustellen, so trat doch immer stärker der Drang in ihm hervor, durch eigenes Nachdenken sich in diese Fragen zu vertiefen und durch selbstständig erdachte und durchgeführte Versuche seinen Ideenkreis zu erweitern, indem sich schon damals, wie er es

später öfter selbst gestand, dem jungen Schüler mit wunderbarer Klarheit die Einsicht immer fester gestaltete, dass die Kenntniss der Naturgesetze nicht bloss die geistige Bewältigung der Natur liefert, sondern uns auch materielle Macht über dieselbe verleiht, — und dieses Hinauswachsen über den engen Kreis seiner Umgebung und seiner Verhältnisse erstrebte schon damals mit Bewusstsein der jugendfrische Denker.

So betrieb er bei grösster Beschränkung der äusseren Mittel in Gemeinschaft mit einem Freunde den Bau von optischen Instrumenten mit Brillengläsern und einer kleinen botanischen Loupe seines Vaters, indem er die Pläne für die anzustellenden Versuche immer wieder von Neuem umgestaltete, bis er eine für seine Verhältnisse ausführbare Form gefunden, und verschaffte sich die dazu nöthigen Kenntnisse aus den wenigen im Besitze seines Vaters befindlichen altmodischen physikalischen und chemischen Lehrbüchern, „in welche die Entdeckungen von Lavoisier und H. Davy noch nicht eingedrungen waren, das Phlogiston noch eine Rolle spielte, und der Galvanismus mit der Voltaischen Säule abschloss“.

Dass aber der fünfzehnjährige Gymnasiast, den uns seine damaligen Mitschüler als zurückhaltend, gesetzt und gegen die schwächeren von ihnen als stets wohlwollend schildern, sich nicht einseitig den exacten Wissenschaften zuwandte, zeigt uns das erste in der Prima erhaltene Zeugniss, aus welchem ein ziemlich gleichmässiges Interesse für alle Lehrgegenstände ersichtlich ist, und in welchem die Fortschritte im Latein, Griechisch, Hebräisch, Religionslehre, Mathematik, Physik als gut, in Geschichte und Geographie als recht gut bezeichnet werden, und nicht weniger der im August 1837 gefasste Beschluss der Lehrerconferenz, dass in der Michaelis stattzufindenden Redeübung dem Abiturienten, der mit einer deutschen Abschiedsrede auftrat, der Primaner Helmholtz mit einer lateinischen

Ode entgegnen sollte, während schon das folgende Zeugniss aus dem zweiten Semester des Schuljahres 1837/38 neben recht günstigen Urtheilen in den übrigen Lehrgegenständen in der Mathematik und Physik die ausgezeichneten Fortschritte des $16\frac{1}{2}$ jährigen Primaners hervorhebt.

Schon als Secundaner hatte er seinem Vater den Wunsch ausgesprochen, sich den Naturwissenschaften widmen zu dürfen, und als dieser treffliche Mann, der damals schon für die Erziehung von fünf Kindern zu sorgen hatte, ihm erklärte, dass er ihm nicht anders zum Studium der Physik zu helfen wisse, als wenn er das der Medicin mit in den Kauf nähme, so ging Helmholtz ohne Schwierigkeit darauf ein.

Noch im Jahre 1835 wandte sich der Vater mit der Bitte um Aufnahme seines Sohnes an das königl. med. chirurg. Friedrich-Wilhelms-Institut in Berlin, welches die Durchführung des Studiums jungen Medicinern sehr wesentlich erleichterte, indem gegen die Verpflichtung mehrjährigen Dienstes vollständige Studienfreiheit und Lebensunterhalt während der Studienzeit gewährt wurde. „Er hat“, schrieb er, „bis jetzt die schönsten Hoffnungen geweckt, dass er sich in jeder Beziehung gediegen und gründlich entwickeln werde, so dass ich hoffen darf, es sei nicht bloss väterliche Verblendung, wenn ich erwarte, er werde einst etwas Erfreuliches leisten können ... Meine Umstände würden mir nicht gestatten, aus eigenen Mitteln ihn für diese so kostbaren Studien gehörig auszustatten.“

Aber der Andrang zur Aufnahme in die Anstalt war zu gross, um schon zwei Jahre vor dem Abiturientenexamen dem Vater ein festes Versprechen geben zu können, und derselbe wurde aufgefordert, nach der Versetzung seines Sohnes in die Prima das Gesuch zu erneuern; dies geschah auch, nachdem Helmholtz zu Ostern desselben Jahres von dem Bischof Dr. Eylert confirmirt worden, im October 1836 unter Beilegung des Zeugnisses aus dem II. Semester des Schuljahres 1836/37 und unter wiederholter Berufung von Seiten des Vaters auf

seinen Onkel, den verstorbenen Generalchirurgus Mursinna, „der ihn als Kind erzogen und dem er unendlich viel verdanke"; daraufhin wurde Helmholtz aufgefordert, in den nächsten Osterferien 1837 sich in Berlin zur Prüfung einzufinden.

„Lieber Vater", schreibt der 16 jährige Primaner am 30. März 1837 aus Berlin, „vorgestern bin ich hier im tollsten Schneegestöber angekommen, übrigens sage nur Muttern, dass ich bis auf die Hände, die mir ganz erstarrt waren, gar nicht gefroren habe. Gestern Vormittag ging ich um halb 10 Uhr nach der Pepinière, um halb 11 Uhr wurde ich vorgelassen. Der Generalarzt Schulz war sehr freundlich, erkundigte sich nach Deinem Befinden, prüfte mich, ob ich auch nicht kurzsichtig sei, liess mich von drei anwesenden Pensionärärzten der Höhe nach schätzen, welche meinten, ich wäre etwa vier Zoll hoch, befragte mich wegen meiner Gesundheit, ermahnte mich, meinem quasi Ahnherrn Mursinna nachzueifern und mich seiner würdig zu zeigen, auch mich nicht vor dem Examen zu fürchten; wenn ich auch die vorgelegten Aufgaben und Fragen nicht erschöpfend beantworten könnte, so schade das nichts, es solle nur eine Sondirung meiner Talente sein. Er gab mir dann einen Zettel, an den Pensionärarzt Dr. Figulus abzugeben, der mich examiniren sollte. Diesen traf ich nicht zu Hause an, nach einer Stunde war er auch noch nicht da, erst nach dem Essen traf ich ihn. Er bestellte mich auf heute Morgen hin. Gestern Nachmittag bin ich weit herumgelaufen und ziemlich müde geworden. Heute Morgen um 8 Uhr hat mein Doktorexamen begonnen, ich habe mein Curriculum vitae deutsch und lateinisch machen müssen. Das lateinische habe ich aber noch nicht ins Reine geschrieben. Das Examen ist blos schriftlich. Wie lange es dauern wird, weiss ich noch nicht."

Der am folgenden Tage verfasste amtliche Bericht des Dr. Figulus lautete: „er ist 5′4″ gross, für sein Alter von kräftiger Körperconstitution, . . . die Prüfungsarbeiten, die

in sehr kurzer Zeit nach den bestehenden Vorschriften angefertigt wurden, sind gelungene Beweise von den Kenntnissen eines Primaners, und das gesetzte und anständige Benehmen des jungen Helmholtz sprechen für eine gute Erziehung.“ Von den noch heute in den Acten befindlichen Arbeiten ist der über das Thema „welchen Einfluss hat das Studium der Geschichte auf die wissenschaftliche Bildung des Geistes“ in der Clausurprüfung angefertigte Aufsatz durch die Reife des Urtheils und die sittliche Anschauung des 16 jährigen Jünglings von hervorragendem Interesse.

Die Nachricht von dem glücklich bestandenen Examen brachte er selbst den erfreuten Eltern nach Potsdam, und nun ging es wieder an die angestrengte und gleichmässige Arbeit für die verschiedenartigsten Lehrgegenstände, denen er sämmtlich mit Interesse und Liebe sich hingab, wenn er auch ein Jahr später nicht umhin kann, in seiner Abiturientenvita zu sagen: „quorum (veterum scriptorum) cognitio quantum valeat ad conformandum animum, nemo est, qui ignoret; deinde maxima atque plurima debeo Schmidtio professori, quum aliis in disciplinis, tum in historiis, quibus nihil est praestantius ad cognoscendam naturam hominum et populorum. Pater meus artis poeticae et oratoriae praecepta mihi dedit, quarum illa et jucundissima est et utilissima ad elocutionem elegantem et copiosam. Omnium disciplinarum autem maxime jam a pueritia me delectavit physice et mathematice, quibus eruditus sum a Meierio, viro harum rerum peritissimo.“

Nach einem arbeitsvollen Jahre, in dem der Primaner sich nicht nur auf das Abiturientenexamen vorbereitete, sondern auch schon in Hinsicht auf seinen späteren Beruf als Mediciner naturwissenschaftliche Studien trieb, die ihm früher ferner lagen, wie Zoologie und Botanik, und die Grundlehren der Anatomie aus Oken's Naturgeschichte für alle Stände, die der Physiologie aus Magendie's Lehrbuch sich aneignete, schickte ihn sein auf das körperliche und

geistige Wohl seines Sohnes stets bedachte Vater noch vor seinem Examen in den Harz, wo er in Gemeinschaft mit einigen jungen Primanern grössere, für seinen noch immer nicht ganz festen Körper äusserst zuträgliche Fusstouren unternahm und Natur und Kunst an den Orten, die er berührte, auf sich wirken liess.

Körperlich gekräftigt und geistig erfrischt von der Reise zurückgekehrt, ging nun Helmholtz nach sorgfältiger Vorbereitung in Gemeinschaft mit nur einem Mitschüler in die schriftliche Abiturientenprüfung, die vom 20. bis 25. August dauerte. Während die Uebersetzung von 60 Versen der Euripideischen Hecuba als den Anforderungen vollkommen genügend, die Uebertragung eines zwei Bogenspalten langen Stückes „die Katacomben" ins Französische als sehr gut bezeichnet wird, spendet ihm der Lehrer des Hebräischen für seine lateinische Erklärung der Stelle Deuteron. IX, 1 bis 3 übergrosses Lob, zumal da der Abiturient als künftiger Mediciner nicht gehalten war, hierin eine Prüfung abzulegen. Wie zu erwarten, musste das Urtheil des Vaters über des Sohnes deutschen Aufsatz „die Idee und Kunst in Lessing's Nathan der Weise" ein wenig streng ausfallen, aber wenn er auch „die Stellen, wo es auf ein scharfes Auffassen von Begriffen und auf ein Schliessen aus ihnen ankam, schwächer findet, als dies sonst in den deutschen Arbeiten des Examinanden der Fall zu sein pflegte", so kann er doch nicht umhin, die Sprache natürlich und beweglich zu finden, und der gestrenge väterliche Richter muss die poetische Wirkung des Gedichtes und der Charaktere für das Gefühl im Einzelnen gut ausgesprochen finden in den begeisterten Darlegungen unseres Abiturienten, die in den Worten ausklingen:

„Es war sein Schwanenlied, sein laut durch alle Völker, alle Zeiten hintönendes Schwanenlied, in dem er seines forschungsreichen Lebens höchsten Gedanken aushauchte. Es ist kein Aeschyleisches Sturmgemälde, was uns Beben und

Erstaunen einjagt, es ist keine Darstellung eines Macbeth, den der gewaltige Geist, die ungedämmte Leidenschaft über die Schranken des Menschen hinwegreisst, nein! es ist ein ruhiger, stiller See, auf dessen sanfter Oberfläche wir hinwiegen, und über uns im unendlichen Himmel, unter uns in der feuchten Tiefe des ewigen Schöpfers Geheimnisse ahnen."

Die vier zur mathematischen Prüfungsarbeit gestellten Aufgaben, von denen zwei geometrischer, zwei arithmetischer Natur waren, löste Helmholtz richtig, und die Behandlung derselben zeigte „grosse Klarheit und Festigkeit des Verfassers" in den Elementen der Mathematik. Aber er forderte noch eine fünfte, freiwillige Aufgabe, und dieselbe lautete: „Die Gesetze des freien Falls der Körper sollen erörtert werden". Es zeigt sich in der Behandlung der Aufgabe, wie sie uns jetzt vorliegt, eine ungewöhnliche Klarheit der Begriffe und Präcision des Ausdrucks, und man erkennt leicht, dass der 17 jährige Abiturient wiederholt und eindringend über physikalische Fragen nachgedacht hat. Die correcte Umgrenzung des Problems, die in den einleitenden Worten liegt: „Die Schwerkraft wirkt ununterbrochen auf jeden Körper und zwar in umgekehrtem Maasse des Quadrats der Entfernung. Doch wenn wir für unsere Erde die Gesetze des Falls suchen, können wir sie als gleichmässig in jeder Höhe wirkend ansehen, da die Höhen, welche wir erreichen können, einen zu unmerkbaren Unterschied bewirken", deutet schon in ihren Anfängen auf die spätere schöpferische Kraft bei der Vertheilung der Schwierigkeiten in den Untersuchungen der Mechanik und Physik; der der Infinitesimalrechnung noch unkundige Gymnasiast denkt sich, um die Lösung der Aufgabe anzugreifen, „der leichteren Betrachtung wegen die Schwerkraft nicht als continuirlich wirkend, sondern theilt die Zeit t, während welcher ein Körper fällt, in n gleiche Theile, deren jeden wir mit τ bezeichnen wollen, und sehen es dann so an, als wirke die Schwerkraft nur am Anfange jedes Zeittheilchens, so dass sie dem fallenden Körper die Geschwindig-

keit γ einflösst“ — und nun entwickelt er in strengen arithmetischen Schlüssen das Gesetz des freien Falls und des senkrechten Wurfs lediglich mit den elementarsten mathematischen Hülfsmitteln.

Das mündliche Examen fand am 12. September 1838 statt, und mit einem glänzenden Zeugniss verliess der junge Helmholtz das Gymnasium:

„Der Abiturient zeichnete sich stets durch ein höchst anständiges und bescheidenes Betragen aus. Sein äusserlich ruhiges und still gehaltenes Wesen ist mit grosser Beweglichkeit des Geistes verbunden. Hierin giebt sich eine treffliche Mischung von klarer und besonnener Verständigkeit und tiefer Gemüthlichkeit zu erkennen. Seine Sitten zeugen von einer treu bewahrten seltenen Reinheit und wahrhaft kindlicher Unverdorbenheit. Diese Eigenschaften machen bei der übrigen Reife und Kräftigkeit seiner geistigen Entwickelung einen ebenso wohlthuenden und herzgewinnenden Eindruck, als sie die begründete Hoffnung geben, dass ein solcher Grund und Boden des geistigen Lebens nur die besten und erfreulichsten Früchte tragen werde.

Sprachen: In der deutschen Sprache hat der Abiturient die Fähigkeit entwickelt, sich selbst tiefere fremde Gedanken so anzueignen, dass sie ihm productiv werden für eigene Ideen: er fasst das Ueberkommene scharf und in seinen wesentlichen Theilen auf und hat sich über die Sprache schon eine solche Herrschaft erworben, dass er den Ausdruck der Gedanken frei und unbeengt aus sich gestalten kann, und obgleich in der Regel zu gedrängt und schmucklos schreibend, doch, wenn er will, eines blühenden Styles Herr ist. . . .

Mathematik: Festigkeit in den Elementen, scharfe Auffassung und Gründlichkeit in eigenen Arbeiten haben es bei ihm möglich gemacht, dass er die Grenze des Gymnasialcursus überschreiten konnte. Seine gediegenen Kenntnisse in der Mathematik und namentlich die erworbene Kraft durch

Selbststudium, sicher vorwärts zu schreiten, verdienen mit Auszeichnung genannt zu werden.

Physik: In dieser Doctrin besitzt der Abiturient umfassende und gründliche Kenntnisse, welche durch eindringende Schärfe der Auffassung, durch innern Zusammenhang und durch Anwendung der ihm zu Gebote stehenden mathematischen Hülfe auch für die Folge gesichert bleiben werden.

. . . .

Die unterzeichnete Prüfungscommission entlässt ihn unter Bezeugung ihres vorzüglichen Beifalls mit den besten Glück- und Segenswünschen zur Fortsetzung seiner so glücklich begonnenen Studien."

Das Lehrercollegium des Potsdamer Gymnasiums konnte später mit Recht stolz sein auf die Ausbildung, die es dem jungen Manne hatte zu Theil werden lassen. „Man bestrebte sich, uns viel lesen zu lassen, und schliesslich konnten wir die Schriftsteller, für die wir etwas eingeübt waren, mit Leichtigkeit lesen, und haben auch privatim, ausserhalb der Schulstunden, theils dies gethan, theils daneben noch fremde Sprachen getrieben. Ich habe Englisch und Italienisch auf der Schule privatim getrieben, auch Hebräisch mitgemacht, und sogar noch eine besonders gute Note im Hebräischen bekommen. Sogar Arabisch habe ich in Prima angefangen bei einem Lehrer, der Arabisch konnte, und das Alles ging ganz gut nebenbei." Er las noch später in seinen Mussestunden die Fabeln des Lokmân in der Ursprache.

Sogleich nach Empfang des Abiturientenzeugnisses wandte sich am 16. September sein Vater an den General-Stabsarzt v. Wiebel: „ich empfehle den guten Zögling, meinen grössten Schatz, auf dessen Erziehung ich meine besten Kräfte verwandt habe, der väterlichen Fürsorge eines wegen seiner Güte so gepriesenen Mannes. . . . Möge mein Sohn Ihnen diesen Dank dereinst im reichsten Maasse zahlen, dass Sie

mit freudigem Stolz auf ihn herabschauen.“ Der Vater musste sich bereit erklären, dem Sohne für die Zeit seiner Studien eine monatliche Zulage von sechs Thalern zukommen zu lassen und dieselbe in vierteljährlichen Raten pränumerando an die Kasse des Institutes auszuzahlen, während der Eleve verpflichtet wurde, nach der auf königl. Kosten bewirkten, fünf Jahre währenden Ausbildung als Compagnie- oder Escadron-Chirurgus zu dienen und zwar acht hinter einander folgende Jahre.

So trat nun Hermann Helmholtz, von Wissensdurst getrieben und von tiefer innerer Liebe zu den Naturwissenschaften beseelt, denen seine Zukunft geweiht sein sollte, in ein neues Leben ein, zu seinem eigenen Glücke und zum Segen der wissenschaftlichen Welt nicht einseitig ausgebildet, sondern vermöge seiner individuellen Naturanlage und Dank den rastlosen Bemühungen seiner Eltern, deren geistiges Niveau sich stets auf idealer Höhe gehalten, getragen von Begeisterung und Liebe für Musik und Poesie, für Kunst und Wissenschaft.

Helmholtz als Eleve des Königl. medicinisch-chirurgischen Friedrich-Wilhelms-Instituts in Berlin von Michaelis 1838 bis Michaelis 1842.

Am 26. September 1838 verliess Hermann Helmholtz im Alter von 17 Jahren das elterliche Haus, um in das Königl. medicinisch-chirurgische Friedrich-Wilhelms-Institut in Berlin einzutreten, deren Zöglinge, zu Militärärzten bestimmt, an der Universität wie die übrigen Studirenden der Medicin ihre Ausbildung erhielten und dann im Charité-Krankenhause eine Zeit lang praktische Dienste leisteten.

Kaum angekommen, giebt er am 31. October seinen Eltern eine kurze Schilderung der ihm ungewohnten, streng geregelten Verhältnisse:

„Ich bin den Freitag hier gesund angelangt. Meine Sachen langten kurz danach an. Die Aufwärter und der Portier machten erst Schwierigkeiten wegen des Instruments, weil ich auf eine Stube quartirt worden war, wo es keinen Platz hatte. Die Nebenstube von dieser ist für zwei bestimmt und hatte hinreichenden Raum, ich liess es also in diese stellen und sagte, der Oberstabsarzt Grimm habe mir erlaubt, es mitzubringen. Die Stube ist für uns beide ziemlich geräumig, sie liegt zwei Treppen hoch an dem dem Eingange gegenüberliegenden Ende des Gebäudes, so dass ich einen Weg wie die halbe Hoditzstrasse machen muss, um von ihr aus auf die Strasse zu kommen. Ein Unangenehmes hat die Stube, nämlich dass die neben-

wohnenden drei Eleven immer durch dieselbe hindurchgehen, obgleich es ihnen eigentlich verboten ist, und sie über den Hof gehen sollten, indessen ist es nicht zu ändern; auch wäre es hart für sie, wenn sie, um zum Aufwärter zu kommen, sollten zwei ziemliche Treppen hinab und dann eben so hoch wieder hinaufsteigen. Um Euch das Ganze deutlicher zu machen, will ich einen kleinen Plan zeichnen ..... Mein Stubengenosse ist der Sohn eines schlesischen Baumeisters; er ist schon hier ein halbes Jahr auf der Akademie gewesen, d. h. er hat die Collegien und Stunden auf der Anstalt gehabt, aber nicht darin gewohnt und gegessen. Er hat eine wahrhaft rasende Geschicklichkeit im Clavierspielen, aber findet auch nur an solchen colorirten Sachen und der neueren italienischen Musik Geschmack. Es sind bis jetzt auch einige andere auf unsere Stube gekommen, die in den Ferien die Instrumente, welche sie gemiethet hatten, weggeschickt hatten, das wird jetzt hoffentlich aufhören ..... Frau v. Bernuth hat mich höchst reichlich bis jetzt beköstigt, oft so, dass ich kaum noch die beiden Treppen zu meiner Stube ersteigen konnte. Jedesmal, wenn ich von Tisch aufstehe, zählt sie alles her, was ich schlecht gemacht habe, und findet, dass ich mich schon etwas gebessert habe ..... Auf der Ausstellung sind einige neue Bilder, aber es ist nicht viel daran, das einzige, was mir mehr gefallen hat, ist eine Jephta ..... Den Studienplan haben wir noch nicht. Sobald ich das wirkliche Leben hier werde etwas kennen gelernt haben, werde ich Euch wieder schreiben. Bis jetzt habe ich schon die Entfernung von Euch unangenehm genug gefühlt, dadurch, dass Alles bezahlt sein will, und die älteren Eleven, die häufig zu uns kommen, um sich die Füchse zu besehen, rauben fast alle ruhigen Augenblicke ....."

Schon am 2. November trifft ein Brief des Vaters ein voll guter Lehren und Sorge für ihn, den Stolz und die Freude der Familie:

„Lieber Sohn! Wir haben uns sehr gefreut, aus Deinem Briefe zu ersehen, dass Du glücklich angekommen bist und Deine Sachen erhalten hast; besonders konnte Mutter es kaum erwarten, dass ein Brief von Dir ankomme; sie war förmlich krank aus Verlangen nach Nachrichten von Dir. Deine Stube liegt nicht weit von dem Zimmer, in welchem ich selbst meine Universitätsjahre verlebt habe, es waren die Fenster nach der Friedrichstrasse über dem Dir zunächst liegenden Thorweg. Mögest Du in dem Deinen so glücklich sein und so viel schöne Augenblicke eines höheren Lebens in dem Deinigen verleben, als mir in dem Meinigen zu Theil geworden sind. Die Unannehmlichkeiten des ersten Empfanges als Fuchs waren vorauszusehen, sie werden keinem erlassen, doch tröste Dich damit, dass es das letzte Mal ist, dass Du Dich durch dergleichen durcharbeiten musst, und benimm Dich besonnen und selbständig, so wird die Sache bald aufhören: ich wünsche Dir nur, dass Dein Stubenbursche ein wackerer und fleissiger Mensch sei, das wäre für Dich ein grosses Glück; dass Ihr so tüchtig Clavier spielt, giebt Dir ja die beste Gelegenheit, Dich selbst darin zu vervollkommnen, und sei nicht so bequem, weil er besser als Du spielt, ihm das Spielen zu überlassen, denn durch ein ähnliches Verhältniss habe ich das Wenige verlernt, was ich gekonnt: besonders aber lass Dir nicht den Geschmack für die geistige, tiefe, deutsche und alte Musik durch den Ohrenkitzel und das Geflimmer der neuen italienischen Ueberspanntheit rauben, die letztere ist verführend, die erste bildend. Den Unterricht der Cousine Bernuth nimm Du dankbar an, wenn er auch in einer rauhen Form gegeben wird; hinter den Formen des feineren Umgangs liegt in der Regel ein tiefer Sinn, der nur vergessen ist, daher sie denn auch gar sehr in der Welt beliebt machen und fördern; ihnen Seele zu geben, damit sie aufhören leere Form und Schein zu sein, kommt auf einen jeden selbst an ..... Wir sind alle wohl, haben Dich alle sehr lieb,

und hoffen, dass Du auch ferner so unser Stolz und unsere Freude sein werdest, wie Du es bisher warst, bleibe gut und weihe Dich mit Ernst und Liebe Deinem Berufe, der Wissenschaft und der Tugend, und schreibe so bald wie möglich, wie sich Deine Studien und das Treiben Deines Lebens gestalten, auch wirst Du uns erfreuen, wenn Du einmal selbst erscheinst, vorausgesetzt, dass es Deine Geschäfte erlauben; ist Dein Stubenbursche ein wackerer Mensch, und glaubst Du, dass es Deinem Verhältnisse zu ihm förderlich sei, so kannst Du ihn später einmal mitbringen.",
und die Mutter fügt hinzu:

„Lieber Hermann! Die Zeit, bis ich Deinen Brief hatte, ist mir schrecklich ängstlich gewesen, ich konnte nichts denken, als nur an Dich, und tausenderlei Vorstellungen peinigten mich; die Hauptsache dabei ist mir freilich, dass Du uns von nun an nur auf kurze Zeiträume besuchst, wie ein Gast und unser Zusammenleben mit Dir wahrscheinlich für immer aufgehört hat; es ist der Welt Lauf, mir aber schmerzlich; es geht mir jetzt schon besser, man gewöhnt sich an gar viel, und so werde ich auch wieder ins Geleise kommen, nur an ein zu langes Stillschweigen von Dir werde ich mich wohl schwerlich gewöhnen. Die Beschreibung Deiner Stube ist mir recht erwünscht gewesen, nun kann ich im Geiste Dich dort besuchen; auf Deine Stube hier bin ich noch nicht gewesen, Marie hat aufgeräumt, und nun würde ich den Mischmasch auf Deinem Tische vermissen. Neues habe ich nicht gehört, ich bekümmere mich freilich auch um gar nichts weiter, als höchstens um die Dampfwagen, die mir noch interessanter werden, wenn Du einmal damit kommst."

Der junge Eleve lebt sich nun schon nach wenigen Tagen in die neuen Verhältnisse ein und sucht in seiner liebevollen Anhänglichkeit seine wegen der Gesundheit des Sohnes um Kost und Wohnung besorgten Eltern zu beruhigen:

„Euer Brief hat mir viel Freude gemacht, da ich sehe, dass Ihr mich noch nicht vergessen habt. Ich befinde mich wohl. Die Collegia sind nunmehr heute angegangen, und damit die regelmässige Beschäftigung, die uns hoffentlich mehr Ruhe auf unserem Zimmer verschaffen wird. Bisher waren mir diese Gäste oft lästig, besonders wenn ich spielte, verlangten sie oft, ich sollte ihnen Tänze u. dergl. vorspielen. Zuletzt kehrte ich mich nicht mehr daran und liess meinen Stubenburschen spielen, wo sie dann zuweilen sogar tanzten, so dass, wie mir Dr. Knapp sagte, schon Klage von dem darunter wohnenden Compagnie-Chirurgen eingelaufen ist. Mit ihnen viel eingelassen habe ich mich nicht, dadurch bin ich in den Ruf der Ungeselligkeit gekommen, wie mir K. erzählt. Er räth mir übrigens auch, mich zu gedulden, er habe es auch ertragen müssen, dass von den Alten mehrere auf ihre Stube gekommen seien, um da zu spielen, was im Institut verboten ist, ohne dass er oder sein Stubenbursche etwa mitspielten. Mein Stubenbursche ist ein gutmüthiger, aber eben nicht talentvoller Mensch, wie ich aus seinen Heften ersehe, nach denen ich meines ausarbeiten wollte, weil ich heute noch nicht mitschreiben konnte und ausserdem das erste Collegium, Splanchnologie, versäumt habe. Nämlich ich ging mit ihm, da er schon ein halbes Jahr studirt hat, und er führte mich in der Universität zu dem Auditorium, wo der Professor Schlemm gewöhnlich liest, an dessen Thür bemerkt war auf dem Stundenplan: Montag 9 — 10: Prof. Schlemm, und in dem auch schon eine Anzahl Studenten warteten. Indessen da wir die anderen aus der Anstalt dort nicht fanden, ging er herunter, um sich näher zu erkundigen, ich wartete bei den schwarzen Tafeln auf ihn, aber er verlor sich in dem Gedränge und kam nicht wieder. Ich kehrte zum Auditorium zurück, wo indessen noch mehr Studenten angelangt waren, wir warteten alle, der Professor kam nicht. Zuletzt gingen wir denn nach dem anatomischen Theater

hinter der Garnisonkirche und hörten, dass der Professor Schlemm hier wirklich lese. Da es bald beendet sein musste, so konnten wir nicht mehr gut hineintreten, und ich besah mir indessen unten die Leichen, die zum Seciren hingebracht und zum Theil schon zerschnitten waren; ich hatte dabei weiter keine unangenehmen Empfindungen.

Wir haben wöchentlich 48 Stunden: 6 Chemie in Mitscherlich's Wohnung, 6 allgemeine Anatomie, 4 Splanchnologie, 3 Osteologie, 3 Anatomie der Sinnesorgane. Diese alle ausser der Osteologie im anatomischen Theater. Letztere nebst 4 Physik bei Turte und 2 medicinische Encyclopädie bei Hecker in der Universität, 2 Logik bei Wolf im anatomischen Theater! 3 Geschichte bei Preuss, 2 Latein bei Hecker, 1 Französisch bei einem Prediger Gosshauer in dem Institut. Ausserdem haben wir 12 Repetitionsstunden, die aber erst in 14 Tagen angehen.

Was Ihr fürchtet, dass ich die Musik werde liegen lassen, glaube ich wird dadurch verhindert, dass mir eben die neuere Musik, welche mein Gefährte so liebt, nicht genügt, und ich daher, um tiefere zu hören, selbst spielen muss; auch ist mir selten der Ausdruck und Vortrag eines anderen genügend; ich habe immer weit mehr Vergnügen an der Musik, wenn ich sie selbst ausführe ..... Das Essen hier im Institut ist nicht so schlecht, wie es die Meisten beschreiben, obgleich nicht so kräftig wie Privatkost. Suppe und Gemüse können wir zweimal bekommen, nur Fleisch giebt es nur einmal. Statt Gemüse können wir auch Sauce über das Fleisch mit Kartoffeln haben. Neulich kam der Oberstabsarzt Grimm, um zu sehen, ob alles in Ordnung ist, kam zu mir heran, fragte nach den Collegiis, wie mir das Essen schmeckte etc. .....“

Aber die ängstliche Mutter veranlasste trotz der guten Nachrichten den Vater, sich persönlich in Berlin von dem Wohlbefinden des Sohnes zu überzeugen, und jetzt erst beruhigt, spricht sie schon beherzter dem Sohne zu, „aller

Anfang ist schwer", und zeigt ihrem Hermann auch wieder die muntere Laune und den fröhlichen Sinn, woran der Sohn bei ihr gewöhnt war. „Wilhelm Wilkens", schreibt sie, „war neulich hier, als Vater bei Dir gewesen war, was er erfahren hatte; er war stumm mit raschen Schritten neben Vater zur Schule gegangen, was aber der Vater gut verstand und Auskunft über Dich gab. O! über Euch, Ihr stummen, verschlossenen Menschen! Wird es nicht anders mit Euch, so wird die Welt von Euch nichts haben und nichts wissen . . . Schreibe mir von Deinen Collegien, von Frieren, von Aergern, von Unzufriedensein und was es sonst Gutes giebt. Gott gebe Dir ein, das Rechte zu thun und das Unrechte zu lassen!"

Der junge Student widmet sich nun mit gleichmässigem Interesse dem Studium der Physik, Chemie und Anatomie, sucht sich aus Vorlesungen und Büchern die nothwendigen Kenntnisse in diesen Wissenschaften zu erwerben, weilt aber in freien Augenblicken in seinen Gedanken immer noch gern im elterlichen Hause, und wenn er auch bisweilen am Sonntag die Seinigen in dem nahe gelegenen Potsdam besucht, so treibt ihn doch immer wieder jede, wenn auch nur vorübergehende Missstimmung, den um ihn so besorgten Eltern alle seine Gedanken und Gefühle schriftlich kundzugeben.

„Seit ich bei Euch war, hat das Arbeiten recht tüchtig begonnen. Die Repetitionsstunden bis auf zwei osteologische werden jetzt alle gehalten, und da müssen wir denn oft des Abends sitzen und Muskeln über Muskeln lernen, dass uns der Kopf raucht. Mir wird es zwar etwas leichter als den andern, aber doch hatte ich auch einmal einen Anfall von Aerger über Gott und die Welt, wie ihn alle, die hier in das Institut aufgenommen werden, einige Male empfinden. Indessen geht es gewöhnlich in wenigen Stunden vorüber, und die jugendliche Heiterkeit siegt wieder ob. Die Zeit, welche mir bei Tage übrig bleibt, verwende ich zur Musik, bisher war es an den schlimmsten Tagen im Ganzen doch

ziemlich eine Stunde, Freitag, Sonnabend und Sonntag ist dann mehr Zeit. Allein spiele ich Mozartsche und Beethovensche Sonaten, mit meinem Stubenburschen zusammen, dann öfters neuere Sachen, die derselbe herbeischafft, vom Blatte. Des Abends habe ich Goethe gelesen und Byron, welche mir K. geborgt hat, und zur Abwechslung auch Integralrechnung getrieben.

Den Tag nachdem ich in Potsdam gewesen war, erhielt ich eine Einladung vom Geheimerath Langner, an den mich die Wilkens empfohlen hat. Ich fand daselbst mehrere junge Leute, meistens Studiosos juris, aber nun wurde Whist gespielt! Glücklicherweise konnten von meinen Mitspielern einer ebenso wenig, und die beiden andern wenig mehr spielen als ich. Es war eine grandiose Parthie, aber auch grandioser Unsinn, uns zum Whistspielen zu zwingen. Dadurch verlor ich alle Gelegenheit, die jungen Leute weiter kennen zu lernen, worunter ein junger Seemann, eben aus Nordamerika heimgekehrt, sich befand. Tante Bernuth hat sich sehr darüber amüsirt; auch hat sie mir ein Paar Handschuhe geschenkt, die mir sehr zu Statten kommen bei der jetzigen zarten Witterung; denn wir haben jeden Morgen eine anatomische Repetitionsstunde in einem ungeheizten Zimmer, und das Endchen nach der Anatomie ist auch hübsch ohne Mantel. In unseren Stuben ist es seit einigen Tagen besser geworden, weil zweimal geheizt wird; sonst war es so kalt, dass man nicht schreiben und kaum spielen konnte . . . . .“

Nachdem er das Weihnachtsfest im elterlichen Hause verlebt und die zweite Hälfte des ersten Semesters fleissig gearbeitet, führt ihn der Schluss der Vorlesungen wieder für längere Zeit zu seinen Eltern und Geschwistern zurück.

„Wir sind jetzt fertig mit allen unseren Collegien bis auf Mitscherlich, welcher erst den nächsten Sonnabend schliessen will. Ich muss deshalb diese Woche noch hier bleiben und sehen, wie ich die Zeit hinbringe; bis jetzt

habe ich sie ausgefüllt durch Lesen von Homer, Byron und Biot, Kant; ich bin nur mit allen diesen Studien, besonders dem letzteren, etwas ausser Zusammenhang gekommen und muss mich erst wieder hineinarbeiten; ist das erst geschehen, dann fesseln sie mich auch mehr; besonders habe ich vom Homer mich kaum wieder losreissen können, sondern in einem Abend immer zwei oder drei Gesänge hinter einander fast verschlungen. Ich werde also nächsten Sonnabend oder Sonntag zu Euch hinüberkommen, schickt mir dann doch diese Woche die Botenfrau, um einige Bücher und die Wäsche abzuholen.",
und so verbringt er die Osterferien im Kreise der Verwandten und Freunde, emsig beschäftigt mit mathematischen und physikalischen Studien, in welchen der angehende Mediciner schon damals die Grundlage für alle seine weiteren naturwissenschaftlichen Bestrebungen erkannt hatte.

Im zweiten Semester fühlt sich der junge Eleve schon gemüthlicher in seiner Behausung; seine Studien fangen an, eine ernstere Richtung zu nehmen, die Physiologie bei Johannes Müller fesselt ihn besonders, in seinen Mussestunden studirt er Kant und den zweiten Theil des Faust, und da er dem Bibliothekar des Instituts zur Unterstützung überwiesen wird, findet er Gelegenheit, seine Kenntnisse durch das Studium seltenerer Werke zu erweitern. Im April 1839 schreibt er seinen Eltern:

„. . . . . Unterdessen waren in unserer Section zwei wichtige Veränderungen vorgefallen, nämlich mein Stubenbursche rückte in die nächst ältere Section, wo einer abgegangen war, und ein Anderer, des Lebens im Institut überdrüssig, hatte um seinen Abschied gebeten und bekam ihn auch; es mussten daher zwei Akademiker in die offenen Stellen eintreten. Da ich indessen unter diesen mehrere ziemlich liebenswürdige Leutchen hatte kennen lernen, so mochte ich nicht zum zweiten Male die Wahl meines Stubenburschen dem Glücke anvertrauen, und beschloss deshalb

mit dem frommen Königsberger, der indessen sich doch in dem Semester sehr verbessert hat, zusammenzuziehen. Wir konnten nun entweder meine bisherige oder seine Stube bewohnen. Um dem Durchlaufen zu entgehen, und um geräumiger zu wohnen, zog ich zu ihm hin, denn seine Stube ist eigentlich für drei Mann bestimmt. So wohne ich denn jetzt in der dritten Stube des Flügels, während ich bisher die erste bewohnte, und kann nun das Durchlaufen wieder zurückbezahlen. Mein jetziger Stubenbursche ist ein langer, in allen irdischen Dingen ungeschickter und unordentlicher Mensch, aber gutmüthig, gewissenhaft und talentvoll. Er hat ein immenses Gedächtniss, hat z. B. im vorigen Semester in den Zwischenviertelstunden auf der Anatomie zum Spass Euripides Hekuba auswendig gelernt; er übersetzt metrisch aus dem Englischen und jenem Tragiker, der sein Lieblingsschriftsteller ist, er malt mit Deckfarben Mondscheinlandschaften etc., wie er denn überall etwas sentimental ist, besonders beim Vorlesen und auf der Flöte, auf welcher er aber eben nicht excellirt, weil ihm kein Begriff von Tact beizubringen ist; er ist auch derjenige unter der Section, dem die Wissenschaft noch am meisten am Herzen liegt, der sich auch auf Disputiren einlässt, obgleich er ziemlich orthodox und in der Kunst manchmal von sonderbaren Ansichten ist. Ich habe neben allen diesen Vortheilen auch noch den, dass nicht mehr alle die auf meine Stube kommen, welche durch das Spiel meines früheren Kameraden angelockt wurden.

Ich bin unter denen, welche für dieses Semester zur Unterstützung des Bibliothecarius dienen sollen. Es gehen mir zwar dadurch wöchentlich zwei Stunden verloren, aber es ist dies das einzige Mittel, zu erfahren, was in der Bibliothek Gutes vorhanden ist unter der unendlichen Menge alter Schmöker.

Für das Sommersemester sind uns 42 Stunden wöchentlich zuertheilt. Nach dem Stundenplan (auf dem aber erst

39 stehen, indem man die Geschichte auf ihm vergessen hat) haben wir an den drei ersten Nachmittagen der Woche nur eine Stunde von 4 bis 5 oder 5 bis 6, die drei letzten sind frei. Wir haben aber meistens Vormittags von 6 bis 1 anhaltend zu thun. Zu den Collegien ist noch Mitscherlich's Zoochemie hinzugefügt. Wir haben 6 Stunden Botanik und 6 Naturgeschichte bei Link, 6 Physiologie bei Müller, 6 Chemie, 6 Zoochemie bei Mitscherlich. Hausstunden 3 Geschichte bei Preuss, 2 Latein bei Hecker, 1 Französisch bei Gosshauer. Repetitionen 4 Chemie, 3 Physiologie (bei Herrn v. Besser, der bei Müller im Collegium gerade Klotzen im Angesicht sitzt), 2 Osteologie, 1 Botanik. Nichts von Logik oder Psychologie, Mineralogie soll Link auch niemals vortragen, und im ersten Examen werden wir doch in dem allen examinirt . . . . ."

Trotz der vielen Vorlesungen und der nothwendigen Durcharbeitung derselben bleibt ihm aber immer noch Zeit, sich an der ausgezeichneten Aufführung der Euryanthe zu erfreuen, in welcher Tichatschek und die Fassmann excellirten, und in einer Vorstellung des Faust, wie er sie noch nie gesehen, Seydemann's Mephistopheles und der Clara Stich Gretchen zu bewundern, „jener ebenso satanisch und humoristisch, wie diese zart und einfach". Die Zeit wird ihm nun aber immer knapper, denn alle freien Nachmittage sind ihnen der vielen Vorlesungen wegen gestrichen; Müller's Physiologie gefällt ihm ausgezeichnet, auch Mitscherlich's Zoochemie ist ihm sehr interessant, seine Experimentalchemie „zum Sticken voll, jedoch ein ganz klein wenig langweilig" — aber Link leidet „offenbar an einem Ueberfluss von Geist, nach zwei Monaten steht er in der Naturgeschichte noch „bei einer philosophischen Einleitung (ach Gott!)". Und zu alledem nimmt er noch, um jeglichen Anforderungen zu genügen, die an einen Studenten zu stellen sind, Fecht- und Schwimmunterricht und hofft so sein gespartes Geld loszuwerden, „denn sonst

sorgt der verfluchte Frühling dafür, dass es sich in alle Winde verstreut".

Nachdem er am 17. August einen zehnwöchentlichen Urlaub genommen, reist er zur Stärkung für die im Winter bevorstehenden Prüfungen zu seinem Onkel, dem Kaufmann August Helmholtz in Königsberg i. N. M., dessen Tochter Emilie mit Hermann und seinen beiden Schwestern in freundschaftlichstem Verkehr stand, und entwirft am 23. August in humoristischen Worten seinen Eltern ein Bild von dem dortigen Leben:

„Ich bin am letzten Sonntag glücklich mit meinen Sachen hier in Königsberg eingetroffen. Auf der Postwagenreise machten mir meine Sachen weiter keine Umstände, meine Gedanken geriethen bald in den nöthigen Zustand von contemplativem und vegetativem Leben, um von der Langenweil nicht allzusehr angegriffen zu werden. Den Onkel nebst Familie traf ich gesund an, ... Onkel kündete mir an, dass er wegen eines hier abzuhaltenden Jahrmarktes noch bis zum nächsten Sonntag hier bleiben müsse. Des is nu freilich eene schreckliche Tücke des Schicksals, indessen habe ich die Zeit noch ziemlich gut auszufüllen gewusst durch Lektüre von Schiller (seit drei oder vier Jahren zum ersten Male wieder), Rellstab (ein Paar ausgezeichnete Schilderungen und Biographien des Devrient und der Schröder-Devrient) und durch Clavierspielen. An den beiden ersten Tagen musste ich mich mit Onkels Noten begnügen, die ausser einer Mozart'schen Sonate aus lauter fürtrefflichen Werken von Strauss, Lanner, Czerny, Hünten, Auber, Ross und Bellini etc. etc. bestanden; ich jagte sie alle hinter einander durch, wurde zuletzt aber ganz schlimm davon, dass ich immer wieder zu der Mozartschen Sonate und Cramer's Etuden retirirte, um meinen geistigen Magen wieder etwas zu stärken. Am Mittwoch fand ich bei Schmidt's noch eine zweite Mozart'sche Sonate.

Am Montag waren wir im Theater (! ! !); nämlich die

Ueberbleibsel der berühmten Krausnick'schen Truppe halten hier in einem am Markt gelegenen Gasthof die Sommersaison und entzücken Königsberg bis auf einige Leute von ganz verdrehtem Geschmack (zu denen ich mich leider auch bekennen muss), welche behaupten, es sei kaum anzusehen. Trotz dieser Mäkler und Neider ist das Theater doch, wie z. B. gestern bei Schmidt's, das Caffe- (im besagten Falle Warmbier-) Gespräch der Damen. Natürlich wird geklatscht und herausgerufen, ganz à la Berlin . . . . Am Sonntag werde ich mit Onkel und Wilhelm absegeln. Nach Rügen wird er wohl nicht mitkommen, weil die Dampfschifffahrt zwischen Stettin und Putbus mit Ende August aufhört. Es wird wohl einige künstliche Mechanik kosten, dass ich ohne ihn hinkomme, denn er will, dass ich von Stettin wieder nach Königsberg zurückkomme. Wir haben übrigens jetzt hier eben kein vielversprechendes Wetter.

Aus meinem Stilo werdet Ihr sehen, dass ich grässlich melancholisch bin, ich hoffe, Ihr seid es auch. (Hier bitte ich einige jämmerliche Stossseufzer zu suppliren) es wird Euch jetzt wohl endlich besser gehen, als den Sommer über, und Ihr habt Erholung nöthig.",
und am 6. September schildert er, nach Königsberg i. N. zurückgekehrt, seinen Eltern in jugendlicher Begeisterung seine erste Seereise:

„Da sitze ich nun wieder im schönen Königsberg und führe ein den schönen Wissenschaften und Künsten, sowie auch der Zoologie geweihtes Leben. Ich habe mir nämlich in Erwartung dieses Falles ein Lehrbuch der letzteren von Berlin mitgebracht. Ich würde schon heute abfahren, wenn ich mich nicht zu einer Komödienaufführung bei Schmidt's engagirt hätte, welche sich länger hinauszieht als ich berechnet hatte, in der nächsten Woche aber werde ich auf jeden Fall abreisen.

Unsere Fahrt nach Swinemünde begann am Sonntag, den 24. v. M. Wir kamen am Abend in Stettin an, am

Montag früh machte der Onkel seine Geschäfte ab; am Nachmittage führte uns der Neffe von einem Geschäftsfreunde des Onkels in den Umgebungen umher. Es sind dort einige schöne Aussichten über die Verzweigungen der Oder, die besonders durch die schönen Seeschiffe sehr belebt werden. Am Dienstag Mittag fuhren wir bei trübem Himmel nach Swinemünde. Die grosse Wasserfläche des Haffs machte einen imposanten Eindruck, der freilich bei der Rückkehr verschwunden war. In der Swine zwang uns ein Platzregen, die Cajüte zu suchen, und bei unserer Ankunft durchnässte uns derselbe auf den paar Schritten bis zum Wirthshause recht anständig.

An den beiden Tagen, die wir in Swinemünde zubrachten, war das Wetter besser. Ich badete mich an beiden in der See. Ein solches Bad hat einen merkwürdigen aufregenden und belebenden Einfluss, trotz der Temperatur von nur 10° Wärme glaubt man in Wasser von 16 bis 18° sich zu befinden; man wird sehr ermattet, so dass ich nicht an einem Tage mich hätte zwei Male baden mögen, und doch fühlt man sich so frisch und wohl. Am Mittwoch Nachmittag fuhren wir nach Heringsdorf, wo man von der wohl 100 Fuss steil vom Strande aufsteigenden Küste einen schönen weiten Blick über das Meer hat und bei hellem Wetter sogar Rügen soll sehen können. Besonders entzückte mich das Meer durch sein stets wechselndes Farbenspiel, welches aus der durch verschiedene Wolkenschichten dringenden Beleuchtung entstand. Ganz berauscht wurde ich am Abend, wo ich an die Spitze des einen der beiden vom Eingang des Hafens weit in die See hinausgeführten colossalen Steindämme ging und die Brandung beschaute, welche gerade so hoch ging, dass man noch trockenen Fusses auf dem Damme stehen konnte. Zwar war der Wellenschlag den Badegästen nicht stark genug; auf mich aber machten schon diese Wogen einen grossartigen Eindruck. Am anderen Tage machten wir noch eine Fahrt zu einigen schönen

Punkten der Insel und eine Segelparthie, wobei ich nicht einmal die Seekrankheit kennen lernte wegen der fast vollkommenen Windstille. Nach Rügen gingen keine Dampfschiffe mehr, der Wind war zu unbeständig, als dass der Onkel sich ihm in einem Segelboot anvertrauen wollte, die Landfahrt war ihm zu langweilig; daher gab er diese Parthie ganz auf, und wir fuhren am Freitag Morgen in glühendem Sonnenbrande auf dem Dampfboot nach Stettin zurück, am Sonnabend Mittag per Landkutsche nach Schwedt, und von da per Extrapost nach Königsberg, wo wir um $1^3/_4$ Uhr in der Nacht anlangten.

Ich habe nun die Reise sehr gemächlich und vornehm abgemacht; ob mit so vielem Genuss, wie wenn sie mit etwas mehr Mühsalen verknüpft gewesen wäre, und ich sie auf eigene Hand gemacht hätte, wollen wir weiter nicht untersuchen, da ich doch auch so das gigantische Chamäleon des Meeres mit wahrhafter Bewunderung gesehen habe.

Ich habe fast Lust, die Reise nach Rügen von hier aus noch nachzuholen, der Weg von Stettin ist dann freilich vergebens gemacht. Es kommt jedoch noch an auf Wetter, Lust und Fortschritte in der Zoologie. „Möglich ist es, wahrscheinlich ist es nicht. Schwören könnte ich wohl darauf, aber wetten möchte ich nicht.“ Bis zum Wiedersehen lebet wohl.“

Am 9. November kehrt Helmholtz ins Institut zurück, „zeichnet sich bei einer mit 17 Zöglingen vorgenommenen Prüfung, die sich auf die Aggregatzustände verschiedener Körper, auf die atmosphärische Luft und deren Bestandtheile mit ihren chemischen Eigenthümlichkeiten, sowie auf den Stickstoff speciell und auf seine Verbindungen erstreckte, besonders aus und legt bereits am 10. December das Tentamen philosophicum ab.

„Ich habe gestern das Examen philosophicum glücklich überstanden und auch ein gutes Zeugniss davongetragen. In der Chemie ist mir nämlich das Prädicat vorzüglich

gut, in der Physik, Psychologie, Zoologie und Botanik sehr gut, in der Mineralogie ziemlich gut zuerkannt worden. Das letztere Prädicat ist das beste, was Weiss für gewöhnlich giebt, wenigstens hörte ich, dass er selbst Examinanden, welche sehr viel in der Mineralogie wussten, kein besseres zuertheilt hat. Uebrigens war mein Zeugniss von uns Vieren das beste, und Kunth gratulirte mir dazu, als er es mir überreichte. Wenn auch zu dem Examen nicht so viel specielle Kenntnisse, sondern mehr ein Ueberblick des innern Zusammenhangs erfordert werden, so hat es doch seinen Nutzen als eine Nöthigung, sich tiefer mit den Wissenschaften zu beschäftigen und an ihnen Interesse zu gewinnen."

Unmittelbar darauf demonstrirte er am 12. December in einer Versammlung der Eleven ein von ihm selbst ausgeführtes anatomisches Präparat des Peritoneum, das sauber angefertigt war und durch einen recht guten Vortrag erläutert wurde, den der anwesende Professor der Botanik Ritter Dr. Frost aus London sehr rühmte.

Das Ende des Jahres erfüllte ihn mit Sorge für die Gesundheit seiner zärtlich von ihm geliebten Mutter, die jedoch das Weihnachtsfest wieder heiter mit den Ihrigen verleben konnte, und er benutzte nun den Rest des Wintersemesters und die Osterferien, die er vom 5. bis 18. April im elterlichen Hause zubrachte, zu den Vorbereitungen für die klinischen Vorlesungen, über die er im Sommer 1840 seinem Vater berichtet:

„Schönlein hat gestern angefangen, es waren eine Menge Studenten aller Facultäten im Auditorio, draussen standen noch eine ebenso grosse Menge, daher wurde das Zimmer gewechselt, wobei die ersten natürlich die letzten wurden. Er sprach in der ersten Stunde über die verschiedenen medicinischen Schulen etwas stark gegen die Gegner, mit einigen Seitenblicken auf die Unfehlbarkeit des Papstes, auch die Hoffnung der Juden auf einen Messias nicht verschonend. Heute entwickelte er denn die philo-

sophischen Grundzüge seines Systems, wobei er meistens Schelling herbeizog. Von den hiesigen pathologischen Theorieen weichen seine meistens sehr ab; z. B., wenn die hiesigen Aerzte behaupteten nach Hufeland, es gebe nur allgemeine Krankheiten, so behauptet er, es gebe nur örtliche; und dabei stützt er seinen Beweis rein auf Schlüsse, da werden sie wohl drüber brummen."

Der Besuch der Kliniken hatte aber seine Gesundheit von Neuem angegriffen, und er nahm desshalb am 25. August 1840 einen zehnwöchentlichen Urlaub zu einer Reise nach Schlesien, Prag und Dresden, über die er seinen Eltern ausführlich berichtet:

„In Krossen trafen wir zuerst auf den hübschen schlesischen Menschenschlag und die schlesische Baumzucht. Sie werden Euch wohl bekannt sein, diese ratzenkahlen Bäume, wo die Blätter nicht an Zweigen, sondern am Stamm selbst sitzen, und nur oben ein kleines Büschelchen sich befindet. Die Felder wurden auch ein Bischen grüner, wenigstens kamen nicht mehr so unendliche Sandsteppen vor, wie in meiner lobesamen Vaterprovinz; die Milch wurde bedeutend besser, zuweilen entzückend schön und zugleich billiger; die Butterstullen veränderten ihre Gestalt, entweder bekam man das rohe Material dazu, oder statt einer vier, von denen je zwei und zwei zusammengelegt waren.

Von Lüben gingen wir nach Liegnitz, wo sich eine Gelegenheit fand, drei Meilen weiter zu fahren nach Goldberg. Unterwegs zeigte uns ein Mitreisender Wahlstatt, das Katzbachgefilde, Blücher's Denkmal und schilderte uns den ganzen Verlauf der Schlacht; wir passirten auch einige Male die Katzbach, in der es jetzt freilich nur durch ein ganz besonderes Kunststück möglich sein möchte zu ersaufen; am anderen Tage gingen wir nach Hirschberg am Fusse des Riesengebirges.

So lange wir fuhren, war das Wetter nur zu schön gewesen, die Sonne heizte in unserem Wagen ganz erbärmlich

ein, und schon vor Polkwitz konnten wir ferne Bergketten als leichte Flecken am Horizont sehen. In den beiden Tagen unserer Fusswanderung aber war der Himmel trübe und die Ferne nebelig. So oft wir von einem Berge eine ferne Aussicht hatten, sahen wir vor uns Ketten von entfernten bedeutenden Bergen, da wurde denn conjecturirt, was wohl die Schneekoppe, was das grosse Rad etc. sei; kamen wir aber der Sache um zwei Meilen näher, dann waren es nur Vorberge; aber freilich solche, deren Spitzen am Sonntag früh alle von Wolken umlagert waren. So kam erst vor Goldberg das Katzbachgebirge, dann das Mittelgebirge. Wir bestiegen auch einige von diesen Bergen, die meist aus Gerölle bestanden, und hatten weite Aussichten in die Ebene und auch so einige Ahnungen vom Gebirge, weil die Luft zu trübe war. Endlich am Sonntag Abend erreichen wir, nachdem wir eine Stunde lang gestiegen sind, den letzten Kamm vor dem Gebirge, dessen Aussicht uns die Schlesier als die schönste im ganzen Gebirge gerühmt hatten, und sehen vor uns endlich den Riesenkamm, oder vielmehr die Stelle, wo man uns sagte, dass er läge. Unten nämlich sah man einige Städte in Nebel gehüllt, darüber eine dicke schwarze Masse, aus Erde und Wolken zusammengemischt, und darüber den Himmel. Dazu zog noch von der Ebene ein Regen herauf, den wir da oben abwarten mussten, und wir kamen endlich auf halbaufgelösten Wegen in Nacht und Nebel in Hirschberg an. Am Morgen erschraken wir, als wir uns in einen dichten dunklen Nebel eingehüllt fanden, doch zertheilte sich derselbe bald, und auch Rübezahl zog endlich seine Nebelkappe ab und erlaubte dem Menschenvolke den Blick in seine hohe Wohnung; so haben wir denn diese beiden Tage benutzen können, uns im Hirschberger Thal umzusehen. Gestern waren wir in Fischbach und auf dem Falkenberge, heute in Warmbrunn, auf dem Puddelberge und in Erdmannsdorf, morgen wollen wir noch einige kleinere Parthien hier machen und dann in das Hochgebirge gehen.

Das Hirschberger Thal besteht aus Feldern und Wiesen, deren Grün noch so schön ist, wie wir es bei uns kaum im ersten Frühlinge sehen, dazwischen liegen zerstreut viele Dörfer und Städte, eine grosse Anzahl bewaldeter Hügel, die meist aus mächtigen Granitblöcken zusammengehäuft sind, und eine Menge einzelner Felsblöcke, so dass man überall ein romantisches, reizendes, lebendiges Bild vor sich hat. Besonders schön und reich ist die Aussicht von dem Falkenstein, zweien gegen 1500′ über die Ebene emporragenden Granitkegeln, deren oberer Theil grossentheils nicht bewachsen ist. Von der Spitze übersieht man das ganze Thal bis hinaus in die blauen Hügel Niederschlesiens, das ganze Mittel- und Hochgebirge; die Felsparthien selbst sind sehr steil und kühn gelagert, nur durch eingehauene Treppen zugänglich gemacht. Von einzelnen anderen Punkten des Berges hat man eine mehr umschränkte, aber durch die wild romantische Einfassung des Bildes nicht minder schöne Aussicht. Am Berge liegt ein Schweizerhäuschen, zu dem bei unserer Zurückkunft die Kaiserin, der Grossfürst, Prinz Wilhelm (Onkel des Königs) u. s. w. hinauffuhren, um dort Thee zu trinken; wir kamen auch dort zu den Buden, wo der König den Kindern Pfefferkuchen gekauft hat. Auch Erdmannsdorf liegt reizend am Fusse des Hochgebirges; der Park des Schlosses ist besonders schön durch das Grün seiner Wiesen; von hier bis zu den Bergen hin ziehen sich grüne Felder, und darin, sowie auf den nahe gelegenen Hügeln und am Gebirge liegen zerstreut die Häuser der hier angesiedelten Tyroler; dazu kommen noch einige, wenn auch kleine Seen. Das Ganze sieht so friedlich, reinlich und lieblich aus, und doch so ernst und erhaben durch das dunkle hohe Gebirge mit seinen Felswänden und Tannenwäldern, dass man wohl begreift, wie die Idylle entstehen konnte. Dabei sind auch die Menschen ganz andere, als unsere Bauern; freundlich, gefällig, heiter, mit hübschen klaren Gesichtern; die Frauen besonders sehen sehr reinlich

und nett aus in ihrer weissen Kopfbedeckung mit rother Binde und weissen Bändern und in den weissen kurzen Aermeln; schon die Kinder sehen weit reinlicher, klarer und hübscher aus, als die märkischen Bauernkinder; man fühlt sich so wohl, so leicht unter diesen Menschen, in dieser Natur, bei der einfachen und wohlfeilen Kost, man wird so schnell heimisch, dass mir mein Aufenthalt in Berlin wie ein längst vergangener vorkommt. Will man aber aus dieser Idylle schnell herausgerissen werden, so gehe man in den Brunnengarten von Warmbrunn unter die vornehme Welt, man schreitet plötzlich aus Arcadien in den Berliner Thiergarten. Uebrigens sieht es hier gerade ebenso aus wie an allen anderen Brunnenorten. . . .“

Mit Beginn des Wintersemesters 1840 geht Helmholtz in die anatomische Prüfung, mit gutem Gewissen, aber nicht ohne Zagen, kann aber schon am 30. October seinen wegen des Ausfalls der Prüfung besorgten Eltern den glücklichen Verlauf der beiden anatomischen Examinationstage melden, auch dass seine beiden Vorträge ohne weitere Anmerkungen von Seiten der Professoren vorübergingen:

„Ich habe nun noch in den nächsten Tagen ein Präparat anzufertigen, was aber nur noch etwa auf die grössere oder geringere Vorzüglichkeit des Prädicats von Einfluss sein kann. W. und F., die mir noch um einen Termin voraus waren, haben dasselbe heut schon abgegeben; es ist ihnen gleichfalls gut gegangen. Trotz dem, dass wir alle drei wohl nie mit besserem Gewissen in ein Examen gegangen sind als in dieses Anatomicum, ist uns allen bei den Vorträgen doch siedend genug geworden, namentlich bei dem ersten öffentlichen, wo nach dem Loos jeder die Lage der Eingeweide einer der Körperhöhlen vollständig zu expliciren hat, und wobei sich eine dicht gedrängte Versammlung sämmtlicher hier anwesender Cursisten eingefunden hatte, weil an der Methode des Examens eine Kleinigkeit geändert war. Die Examinatoren Müller und Gurlt sitzen dabei,

sperren den Mund auf und langweilen sich gräulich. Der zweite Vortrag über ein Knochen- und ein in Spiritus bewahrtes Eingeweidepräparat geschah vor den Examinatoren allein; dieselben langweilen sich noch gräulicher und lassen es sich sehr wohl gefallen, wenn der Cursist in der Hitze möglichst viel zu erwähnen vergisst; schliesslich thut es uns nur leid, dass wir so viel zur Anatomie vorher gearbeitet haben, und suchen dem Heere derer, welche noch vor ihr zittern, Muth einzusprechen. . . . Vom 15. bis 20. November ist der zweite Act des Examens in Aussicht genommen, und nachher ist der Weg glatter."

Nachdem auch dieser zweite Act glücklich vorübergegangen, kann er sich endlich, wonach er sich schon so lange gesehnt, immer mehr und mehr in selbständige wissenschaftliche Untersuchungen vertiefen; die Besuche in Potsdam werden immer seltener, die Briefe an seine Eltern treffen nicht mehr so häufig ein, und er trägt sich bereits mit Gedanken über die Wahl eines Themas zu seiner Doctordissertation. Im Wintersemester 1840/41 und in dem Sommer 1841 sucht er sein Wissen nach allen Seiten hin auszudehnen, vor allem seine mathematischen Kenntnisse zu erweitern und sich mit der Behandlung der schwierigeren Theile der Mechanik bekannt zu machen, behält aber immer noch die hinreichende Zeit und Musse, um sich in den Kreisen von Verwandten und Bekannten an theatralischen Aufführungen zu betheiligen, mit Aufmerksamkeit die Entwickelung des öffentlichen Volkslebens und die neu erwachende politische Bewegung zu beobachten und sich an den Pasquillen und Spottgedichten zu erfreuen, „zu welchen die Berliner ihre getäuschten Hoffnungen, die der Thronwechsel bei ihnen erregt, und ihre Neigung, Witze zu machen, hinriss".

Aber Helmholtz hatte zunächst eine schwere Zeit durchzumachen; nachdem er bereits angefangen, sich zur Bearbeitung einer Doctordissertation selbständig mit anatomischen und physiologischen Untersuchungen zu beschäftigen, er-

krankte er in Folge von Ueberarbeitung oder einer Infection in der Mitte des Juli 1841 zuerst ziemlich leicht, indem ihn in der Vorlesung von Mitscherlich eine Ohnmacht befiel, deren Folgen schon nach wenigen Tagen überwunden waren; die Fiebererscheinungen traten aber bald darauf in den ersten Tagen des August weit ernster hervor, wie er glaubte, in Folge einer Erkältung bei der Abendfeier des Stiftungstages, trotzdem hoffte er schon in acht Tagen seine Eltern besuchen und dann zu seiner Erholung in den Harz gehen zu können, „wenn nur einige Professoren sich mehr beeilen wollten, sie lesen aber mit der grösstmöglichen Gemächlichkeit, als hätten sie, wer weiss wie viel, Zeit". Da der Husten aber stärker wurde, und die Fieberanfälle sich täglich wiederholten, so trat eine ausserordentliche Schwächung des ganzen Körpers ein, und Helmholtz wurde am 14. August in die Charité geschickt, wo er, da das zuerst leichte gastrische Fieber sehr bald in Typhus überging, fünf Wochen schwer krank daniederlag. Erst am 17. September ist Helmholtz im Stande, den Eltern seine baldige Ankunft in Potsdam zu melden:

„Mit dem Fieber bin ich nun, Gott sei Dank, fertig bis auf einige zurückbleibende Erregbarkeit des Pulses durch äussere Einflüsse; mit den Kräften steht es freilich noch nicht besonders, wie auch wohl an meiner Handschrift zu sehen ist, sie sind aber doch schon so weit, dass ich täglich einige Male ein Stündchen im Zimmer herumgehen und dazwischen zur Abwechslung aus dem Fenster sehen kann. In der Mitte oder gegen das Ende der nächsten Woche soll ich dann, wie der Stabsarzt Lauer heute mir sagte, mich wohlverpackt auf die Eisenbahn begeben und zu Euch hinüberrutschen. — So weit für heut, da das Tageslicht ausgeht. Grüsst die Geschwister. Auf baldiges Wiedersehen!"

Am 20. October 1841 bittet er von Potsdam aus um Verlängerung seines Urlaubs und hofft, da die Reconvalescenz

bisher, wenn auch langsam doch ununterbrochen von Statten gehe, sich in zwei bis drei Wochen im Institut einstellen zu können.

Im Kreise seiner Familie wurde dieses schwere Nervenfieber für eine Folge der nervösen Erregungen gehalten, die sich seiner bei jeder Operation in Gestalt von Uebelkeiten oder Ohnmachten bemächtigten; erst nach diesem Fieber scheint sich sein Körper so weit gekräftigt zu haben, dass er die Operationen nicht mehr zu fürchten hatte.

Im Winter 1841 nach Berlin zurückgekehrt, griff er von Neuem die Untersuchungen an, auf die ihn, wenigstens in einigen allgemeinen Andeutungen, sein Lehrer Johannes Müller hingewiesen, und nun lebte er ganz mit seinen Gedanken und Bestrebungen im Kreise von Müller's Jüngern, schon jetzt befreundet mit den um zwei Jahre älteren jungen Physiologen Brücke und du Bois-Reymond, welche, wie er, mit Begeisterung und Verehrung ihrem Lehrer zugethan waren; freundschaftlicher Umgang mit gleichstrebenden Genossen und täglicher geistiger Verkehr mit jenem grossen Forscher, von dem sie lernten, „wie die Gedanken selbständiger Köpfe sich bewegen“, verschönte ihr Leben und Treiben — „wer einmal“, sagt Helmholtz ein halbes Jahrhundert später, „mit einem oder einigen Männern ersten Ranges in Berührung gekommen ist, dessen geistiger Maassstab ist für das Leben verändert, zugleich ist solche Berührung das Interessanteste, was das Leben bieten kann“.

Die Schüler Müller's verband das gleiche Bestreben, die Physiologie mit der Physik zu verknüpfen, und für deren Aufbau eine exactere Basis zu schaffen, Helmholtz hatte jedoch, wie diese selbst später häufig ausgesprochen, einen bedeutenden Vorsprung vor ihnen allen dadurch voraus, dass ihm die Mathematik ein mächtiges Hülfsmittel gab, die Probleme klar zu formuliren und über die Methoden zu ihrer Lösung sich eine präcise Disposition zu bilden. Aber den ganzen Schatz mathematischen Wissens, über den er

verfügte, hatte er sich durch eigenes Studium der Werke grosser Mathematiker erarbeitet, unter all' den verschiedenen Vorlesungen, die er besucht, zu denen ausser den Fachvorlesungen auch Physik, Chemie, Botanik, Zoologie, Naturgeschichte, Philosophie, Psychologie, Logik, Aesthetik, lateinische und französische Sprache und Geschichte gehörten, findet sich auffallender Weise nicht eine einzige mathematische, und er trat damals noch so wenig mit seinen selbsterworbenen mathematischen Kenntnissen hervor, dass auch seine näheren Freunde Brücke und du Bois nichts davon ahnten. Es war die Zeit noch nicht gekommen, wo er als einer der grössten Mathematiker die Probleme der Physiologie und Physik meistern sollte.

Unter dem Einflusse seines grossen Lehrers Müller, der sich zwar von der alten, wesentlich metaphysischen Betrachtung in Bezug auf die Räthselfragen über die Natur des Lebens losgesagt und die Kenntniss der Thatsachen als das Fundament jeder naturwissenschaftlichen Betrachtung festgelegt hatte, dem aber, wie seine hervorragenden Schüler wohl erkannten, trotz allen Ringens noch ein Rest naturphilosophischen Denkens und metaphysischer Anschauungen verblieben war, suchte Helmholtz an speciellen, klar umzeichneten Problemen die Reinheit des naturwissenschaftlichen Erkennens durch die Ermittelung unwiderleglicher Thatsachen zu begründen und so seinem Lehrer in dessen unermüdlichen Bestrebungen entgegenzukommen.

Und mit welch' geringen Hülfsmitteln versehen ging er an seine gross angelegten Untersuchungen! Während seines Krankenlagers in der Charité, wo er als Eleve unentgeltlich verpflegt wurde, hatte er sich so viel von seinem geringfügigen Monatsgelde erspart, dass er, kaum Reconvalescent geworden, sich ein kleines, recht mittelmässiges Mikroskop anschaffen konnte, und mit diesem Instrument, sowie einigen veralteten physikalischen und chemischen Lehrbüchern ausgerüstet, griff er die ihm gestellte Aufgabe an.

Die Arbeit war schon am Ende des Winters 1841 in ihren Hauptresultaten fertig, und er konnte trotz der nothwendigen Vorbereitungen zu dem in Aussicht genommenen mündlichen Examen noch Zeit erübrigen, um am 3. Mai 1842, als einer der besten Schüler des Friedrich-Wilhelms-Instituts, in der Aula desselben vor einer ansehnlichen Versammlung einen Vortrag über die Operation der Blutadergeschwülste zu halten, die er freilich, wie er später erzählt, nie hatte operiren sehen; entsprechend der damaligen gelehrten Tradition war dieser Vortrag aus Büchern so geschickt compilirt und formell so vollendet, dass er von seinen Vorgesetzten belobt und am 2. August, bei der Feier des 48. Stiftungstages des Instituts, „an welcher viele ausgezeichnete Gelehrte des Militär- und Civilstandes, hohe Staatsbeamte, Generäle und Stabsoffiziere theilnahmen“, durch eine in zwei Werken bestehende Prämie, „Busserii institutiones medicinae practicae“ und „Fuchs, Die krankhaften Veränderungen der Haut“ ausgezeichnet wurde.

Ende Juni legte er unter dem Decanat von Jüngken das mündliche Examen ab, aber die Hoffnung des jungen Candidaten, schon im Laufe des Sommersemesters den Doctortitel zu erlangen, wurde vereitelt.

„Ich war heute“, schreibt er am 1. August 1842 seinem Vater, „bei Professor Müller mit meiner Dissertation; er nahm mich sehr freundlich auf, und nachdem er sich das Hauptresultat und die Beweise dafür hatte auseinandersetzen lassen, erklärte er, dass es allerdings von grossem Interesse sei, indem es einen Ursprung der Nervenfasern nachweist, der bei den höheren Thieren wohl vermuthet, aber nicht bewiesen werden konnte, rieth mir jedoch, es erst bei einer vollständigeren Reihe von Thieren zu untersuchen, als ich bisher gethan, um ihm stringente Beweiskraft zu geben, die es aus der Untersuchung von drei oder vier noch nicht haben könne. Er nannte mir mehrere, bei denen man am besten etwas zu finden erwarten konnte, und bot mir selbst

an, wenn meine Instrumente nicht ausreichten, auf dem anatomischen Museum die seinigen zu benutzen. Wenn ich mit meiner Promotion zu eilen nicht nöthig hätte, so rieth er mir, die Ferien noch zu weiteren Arbeiten zu benutzen, um ein vollständiges Kind in die Welt zu setzen, was weiter keine Angriffe zu fürchten hätte. Da ich ihm nichts Vernünftiges entgegenzusetzen wusste und mir das meiste davon eigentlich schon selbst gesagt hatte, so werdet Ihr also wohl den 20 jährigen Doktor aufgeben und mit dem 21 jährigen fürlieb nehmen müssen. Sollte Euch das zu viel Schmerzen machen, so schreibt es mir, dann übersetze ich meine Rede, die ich zu Pfingsten hier im Institut gehalten habe, und bin in der nächsten Woche Doktor. Die Leutchen in Potsdam werden vielleicht herauscalculiren, ich sei durch das Examen gefallen, die in Berlin, ich wolle ihnen mit dem Doktorschmaus durch die Lappen gehen, aber beide werden sich zu ihrer Zeit beruhigen. Mir war es eigentlich auch etwas überraschend und nicht ganz recht, aber wie gesagt, ich weiss nichts Vernünftiges dagegen einzuwenden.

So lebt denn wohl und bleibt gesund, bis Ihr Euren Studenten wiederseht, von dem Ihr schon auf ewig Abschied genommen zu haben vermeintet."

Nachdem er am 13. August 1842 einen vierwöchentlichen Urlaub zu einer Reise in den Harz genommen und Mitte September durch grössere Fusstouren erfrischt und zu erneuter Arbeit angeregt nach Berlin zurückgekehrt war, wurde er am 30. September als Chirurgus in der Charité angestellt und zunächst der inneren Station zugewiesen, auf welcher er bis zum 1. Februar verblieb.

Obwohl die Thätigkeit auf dieser Station, die „wegen der langwierigen, meist unheilbaren Krankheiten" keine sehr trostvolle war und seine Zeit von 7 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends mit nur geringen Unterbrechungen von einzelnen oder halben Stunden in Anspruch nahm, fand er doch neben dieser ihm sonst sehr interessanten und lehrreichen Be-

schäftigung noch Zeit, um, dem Rathe seines Lehrers folgend, mit dessen Instrumenten auf dem anatomischen Museum seine früheren Untersuchungen fester zu begründen und zu erweitern: „ich arbeite fleissig an meiner Dissertation, endlich glaubte ich schon ein sehr wichtiges Resultat gefunden zu haben, bei näherem Nachsehen fand ich aber vorgestern das Gegentheil, gestern, bei noch näherem Nachsehen, sah ich, dass das erste nur mit einiger Beschränkung doch richtig war, und heute will ich die Sache noch genauer vornehmen“. Die einzige Erholung von seiner angestrengten Arbeit findet er in der Kunstausstellung, er begeistert sich für den Lessing'schen Huss, „ein Bild, das vielleicht mehr werth ist, als all' die früheren Ausstellungen zusammen; jedenfalls ist hier in Berlin noch kein Bild von dieser Tiefe, Begeisterung und Charakteristik gewesen. Alles ist entzückt davon bis auf die Berliner Professoren“.

Nun wird die Arbeit endlich nach dem Urtheile Müller's zur Annahme reif, und Helmholtz auf Grund der medicinischen, Johannes Müller gewidmeten Inauguraldissertation: „De Fabrica Systematis nervosi Evertebratorum“ am 2. November 1842 zum Doctor promovirt; bei der Promotion fungirten als Opponenten: Dr. Baltes, Dr. Wald, Dr. Hartwich, und sein Diplom lautete: „postquam tentamen et examen rigorosum cum laude sustinuerat et dissertationem publice defenderat. . . .“ Die von ihm mit Hülfe des Mikroskops gemachte Entdeckung, dass die Nervenfasern aus den von Ehrenberg 1833 entdeckten Ganglienzellen entspringen, ist nach der übereinstimmenden Ansicht der Physiologen die histiologische Basis der gesammten Nervenphysiologie und -Pathologie geworden; der bisher vergeblich gesuchte Zusammenhang von Nervenfasern mit Nervenzellen, und damit der Nachweis der centralen Natur dieser Zellen wurde von ihm für wirbellose Thiere durch diese mikroskopisch-anatomische Arbeit ersten Ranges erwiesen.

Nachdem die ersten Schwierigkeiten des Eintritts in die

innere Station überwunden waren, geht er mit Liebe und Freudigkeit seinem Berufe nach, gewinnt aber auch noch hinreichende Zeit, um die vielseitigen Studien des letzten Jahres fortzusetzen und für sich nutzbringend zu machen; er vertieft sich so ganz in seine weiteren Arbeiten, dass es ihm unmöglich wird, sich von denselben loszureissen, und zum ersten Male überbringt er seinem Vater die Glückwünsche zum Geburtstage nicht persönlich; „aber ich hoffe und wünsche es, dass Du Dich wohl und glücklich genug befindest, um keiner Glückwünsche zur Verbesserung Deines Befindens und Deiner Verhältnisse zu bedürfen, zumal da Glückwünsche als Ideale einer bessern Zukunft meist wenig zur Verbesserung des Realismus in unserer prosaischen Zeit beitragen . . . Nimm also mit Deiner väterlichen Liebe an, ich hätte sie mit aller Rednergabe, die mir fehlt, und mit allem Gefühlsausdruck, den ich nicht habe, Dir vorgetragen, so wirst Du mit diesem Ideale vielleicht besser davon kommen, als es in der Realität der Fall gewesen wäre“. Und während er seinen, der realen Welt meist abgekehrten Vater auf die Ideale einer besseren Zukunft verweist, wenden sich seine eigenen wissenschaftlichen Gedanken immer mehr von den idealen metaphysischen Anschauungen ab, in deren Banden die Naturwissenschaften damals noch lagen, und neigen sich ganz der realen Welt, der Welt der Thatsachen, zu, um die Basis zu legen zu dem gewaltigen Bau, der sich auf derselben in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erheben sollte.

Die damalige Entwickelungsperiode der Medicin, die sich in überwiegend theoretischen Methoden erging, nahte ihrem Ende, man verwarf die Methoden und mit ihnen die Thatsachen und erkannte an der Entwickelung der übrigen Naturwissenschaften, dass auch die medicinische Wissenschaft neu aufgebaut werden müsse. Nachdem sich von Frankreich aus in den grundlegenden Arbeiten von Coulomb und Lavoisier der wissenschaftlich-methodische Aufbau der Physik und

Chemie zu gestalten angefangen, begründeten in Deutschland Mitscherlich und Liebig die chemische Wissenschaft, und Ohm, Franz Neumann, Gauss und Wilhelm Weber schufen eine unverrückbare Basis für die Methoden der experimentellen und mathematischen Physik. Aber es war eine gewaltige Geistesarbeit nöthig, um diese Grundsätze methodischer Forschung von der anorganischen auf die organische Natur zu übertragen.

Nachdem Ernst Heinrich Weber die Erklärung der Lebenserscheinungen auf Grund physikalischer Processe gefordert, suchte Johannes Müller, der zuvor noch ganz in naturphilosophischen Anschauungen verstrickt gewesen nunmehr in allen seinen physiologischen Arbeiten der inductiven Forschung freie Bahn zu brechen und immer mehr die deductiven Methoden und metaphysischen Anschauungen in den Hindergrund zu drängen. Aber er konnte sich von dem Gedanken nicht frei machen, dass es eine von den chemischen und physikalischen Kräften, welche innerhalb des Organismus wirken, verschiedene einheitliche Lebenskraft giebt, fähig, die Wirksamkeit jener Kräfte zu binden und zu lösen; der Tod nur vernichtet sie, die gehemmten Kräfte werden frei und rufen Fäulniss und Verwesung hervor — die Lebenskraft ist verschwunden und durch nichts ersetzt, in keine andere wahrnehmbare Kraft umgewandelt. Müller machte aber auch aus der Inconsequenz seiner Anschauung kein Hehl, und daher fanden sich in dem Bestreben, die Physiologie nach den Grundsätzen exacter Forschung consequent und einheitlich zu entwickeln, die vier genialen jungen Naturforscher zusammen, Brücke, du Bois, Helmholtz und Virchow, um aus derjenigen Disciplin der Physiologie, die jeder von ihnen sich zu seiner Domäne gewählt, die Lebenskraft vollends zu verscheuchen und die Physiologie als einen Zweig der Physik und Chemie zu cultiviren.

Schon jetzt gestaltete sich aber in dem 20jährigen

Charité-Chirurgus Helmholtz der Widerstreit der realistischen und metaphysischen Principien zu einem entschlossenen Kampfe nicht gegen die herrschenden Ideen in der Physiologie allein: die verschwindende, durch nichts ersetzte Lebenskraft war ihm physikalisch paradox, ein Verschwinden von Kraft und Materie undenkbar. Freilich hatte er nie eine mathematische Vorlesung gehört, aber die Pepinière besass noch aus dem vorigen Jahrhundert die Werke von Euler, Daniel Bernouilli, d'Alembert und Lagrange, und mit einem kurzen Lehrbuch der höheren Analysis ausgerüstet vertiefte er sich schon als Student während der Zeit seiner Assistenz in der Bibliothek des Instituts in die für alle Zeiten grundlegenden Untersuchungen dieser grossen Mathematiker und drang in das Verständniss der von diesen unsterblichen Forschern geschaffenen Principien der Mechanik ein, mit denen jene metaphysischen Anschauungen unvereinbar waren.

Aber er hielt es noch nicht an der Zeit, mit seinen allgemeinen und umfassenden Ideen hervorzutreten; die strenge Methode seines bewunderten Meisters Johannes Müller hatte ihn gelehrt, dass zunächst nur fest umzeichnete und methodisch durchgeführte Untersuchungen weitgreifende Principien naturwissenschaftlicher Forschung verständlich machen und stützen können, und so wandte er sich unmittelbar nach seinem Doctorexamen im Laboratorium von Müller einer Aufgabe zu, die durch die Arbeiten Liebig's im Mittelpunkte des Interesses stand, zu deren Behandlung er aber durch viel weiter reichende Ueberlegungen geführt worden, welche das Wesen der Lebenskraft nach einer bestimmten Richtung hin zum Gegenstande naturwissenschaftlichen Erkennens machen sollten.

Liebig führte gegen die von Schwann und Cagniard-Latour entdeckte belebte Natur der Hefe und deren Rolle bei der weinigen Gährung zu Gunsten der rein chemischen Theorie von Gährung und Fäulniss auf Grund

der Versuche von Gay-Lussac einen erbitterten Kampf, und Helmholtz, der sogleich die hohe principielle Wichtigkeit jener Frage und deren engen Zusammenhang mit der Existenz eines Perpetuum mobile erkannte, ging an deren Entscheidung. Nachdem er von den im Winter 1841 während seiner Krankheit gemachten Ersparnissen sich nicht nur sein Mikroskop für die in der Dissertation niedergelegte anatomische Untersuchung, sondern auch die damals moderne „Organische Chemie“ von Mitscherlich erworben hatte, vertiefte er sich schon in den ersten Monaten des Jahres 1843, in denen er auf der Station der Kinderklinik nicht übermässig beschäftigt war, in umfangreiche physikalisch-chemische Untersuchungen, welche nunmehr alle seine Gedanken beherrschten. Die damit verbundene geistige und körperliche Arbeit griff ihn so an, dass seine Mutter, in der Meinung, dass ihm seine Stellung Sorgen bereitet, schreibt: „Wir glauben, dass Gemüthsbewegung Dich abmagert, aber die schlimmen Zeiten werden vorübergehen, und Freude und Lust wieder in die junge Brust einkehren“; sie ermahnt ihn zugleich, auf seinen Anzug zu achten, „weil Du die gewöhnlichen Dinge jetzt sehr zu vergessen scheinst“.

Bei dieser schwierigen und anstrengenden Arbeit war er nun ganz auf sich allein angewiesen, und selbst von den wichtigsten Untersuchungen über diesen Gegenstand erhielt er nur zufällig Kenntniss; so war er gezwungen, sich zur Beschaffung der nöthigen Litteratur am 25. Juli an seinen Vater zu wenden: „Wärest Du wohl so gut, mir für den nächsten Sonntag Nachmittag vom Prof. Meyer oder durch ihn die neulich von Dir erwähnte Abhandlung Mitscherlich's über die Gährung zu verschaffen oder denselben zu fragen, wann ich ihn treffen kann, um von ihm die Resultate jener Untersuchung zu erfahren, falls er sie nicht mehr herbeischaffen könnte“; aber er kann schon trotz der anstrengenden Beschäftigung, die in den Sommermonaten auf der äusseren Station der Charité auf ihm lastete, hinzufügen: „Ich bin

mit meinen Experimenten jetzt so weit gediehen, dass ich nächstens anfangen will zu schreiben, wozu ich die Arbeit Mitscherlich's nothwendig kennen muss."

In dieser Untersuchung, die er noch im Jahre 1843 unter dem Titel: „Ueber das Wesen der Fäulniss und Gährung" in Müller's Archiv veröffentlichte, war es zunächst sein Bestreben, Liebig in dem Zurückdrängen des Vitalismus durch den Nachweis zu unterstützen, dass es keine generatio aequivoca giebt; freilich aber fand er, dass die Umsetzungen, die man als Fäulniss und Gährung bezeichnet, auch nicht von chemischen Einwirkungen, etwa wie Liebig es wollte, von der Einwirkung des Sauerstoffs oder von der Einführung schon fertiger Zersetzungsproducte aus den faulenden Substanzen abhängen, sondern er zeigte — und die klare und präcise Fassung seines Resultates ist besonders interessant im Hinblick auf die weit späteren grossen Forschungen Pasteur's — dass die Fäulniss unabhängig vom Leben bestehen kann, dass sie aber den für die Entwickelung und Ernährung von lebenden Wesen fruchtbarsten Boden darbietet und dadurch in ihren Erscheinungen modificirt wird. Eine solche durch Organismen modificirte und an diese gebundene Fäulniss ist die Gährung, sie gleicht dem Lebensprocesse auffallend durch die Gleichheit der Stoffe, in denen sie ihren Sitz hat, durch ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit und durch die Gleichheit der Bedingungen, welche zu ihrer Erhaltung oder ihrer Zerstörung nöthig sind.

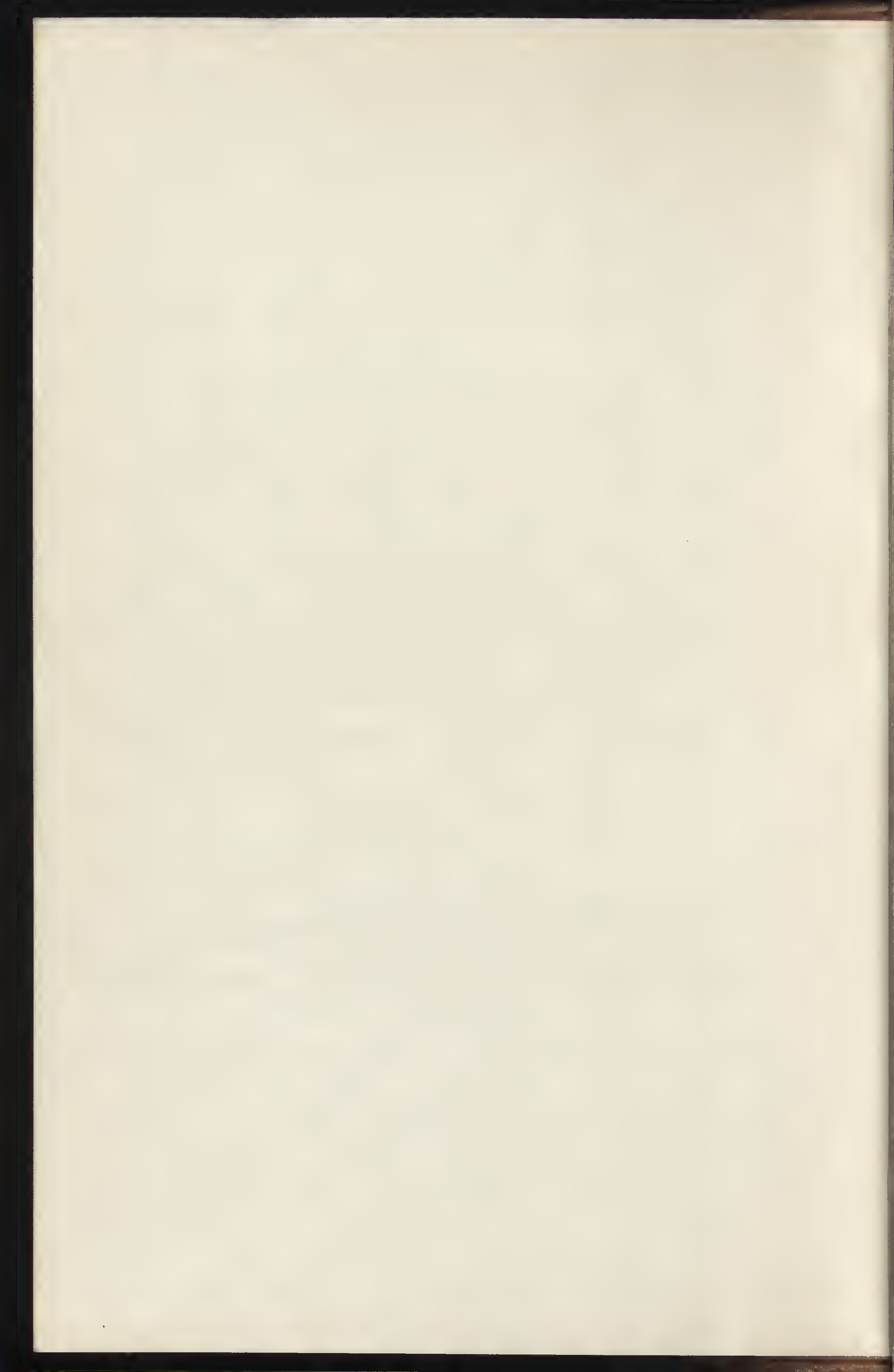
Durch diese Ergebnisse, die Helmholtz wegen der geringen Vollkommenheit der ihm damals zu Gebote stehenden Mittel nicht weiter verfolgen konnte, schien freilich der Vitalismus wieder eine Stütze gewonnen zu haben, und es wurde daher besonders von Seiten der Physiker die Zuverlässigkeit der Versuche vielfach angezweifelt. Es gelang Helmholtz erst zwei Jahre später, Magnus, der in seiner von jeder wissenschaftlichen Eifersucht freien Liberalität ihn aufgefordert hatte, in seinem Privatlaboratorium „Methoden

zu seinen Untersuchungen anzuwenden, die grössere Hülfsmittel beanspruchten, als ein junger, von seinem Solde lebender Militärarzt sich verschaffen könnte", durch eine Reihe von neuen Versuchen von der Richtigkeit seiner früheren zu überzeugen, ohne jedoch etwas Näheres über die Resultate seiner Arbeit zu publiciren, welche ihn fast täglich drei Monate hindurch in Anspruch genommen. Der junge Forscher trug sich bereits mit ganz anderen und weiter reichenden Problemen, deren Lösung jener physiologischen Weltanschauung, gegen welche Liebig und er selbst angekämpft, ihr Ende verkünden und eine völlig neue Aera der Naturwissenschaften begründen sollte.

Inzwischen fungirte Helmholtz, nachdem er noch im Mai für seine ausgezeichnete Thätigkeit eine Prämie erhalten, während des Monates August in der Augenklinik und trat sodann unter Fürsprache seiner Vorgesetzten, welche die hohe Bedeutung des kaum 22 jährigen jungen Mannes schon längst erkannt hatten, am 1. October 1843 als Escadronchirurg in das Königl. Garde-Husaren-Regiment zu Potsdam ein, wo er Assistent des Regimentsarztes Branco wurde. Und nun lag, da er erst in zwei Jahren sich der Staatsprüfung unterziehen durfte, eine lange und durch seine amtliche Stellung nicht allzusehr in Anspruch genommene Zeit vor ihm zur Entwickelung all' der grossen Gedanken, die ihn schon seit Beginn seiner Studienzeit beschäftigt, und für welche die bisher angestellten Untersuchungen nur Proben auf deren Richtigkeit waren.

Nach einem Daguerreotyp vom 23. März 1848
Aus dem Nachlass von Prof. Dr. Emil du Bois-Reymond





Helmholtz als Escadronchirurgus bei den Gardehusaren und als Militärarzt im Königl. Regiment der Gardes-du-Corps in Potsdam vom 1. October 1843 bis zum Sommer 1848.

Der Escadronchirurgus der Gardehusaren war nun der wissenschaftlichen Atmosphäre entrückt, in der er durch den Geist Johannes Müller's belebt, durch die gleichstrebenden Freunde du Bois und Brücke in stetem geistigen Austausch mit congenialen Naturen gehalten wurde. Die ruhige, in sich gekehrte Gelehrten-Natur muthete es zuerst eigenthümlich an, als der Trompeter vor seiner Thür um 5 Uhr Morgens die Kaserne wachblies und er jählings aus dem Schlafe auffuhr — aber bald gewöhnte er sich daran, ging mit Lust und Liebe seiner amtlichen Beschäftigung nach und richtete sich in der Kaserne ein kleines physikalisch-physiologisches Arbeitszimmer ein, in dem ihn häufig du Bois und Brücke von Berlin aus besuchten, um mit ihm die Zukunftspläne für die Ausgestaltung der Physiologie zu berathschlagen. Auf die geringsten Hülfsmittel angewiesen — so construirte er sich dort selbst eine Elektrisirmaschine, die er später seinem Bruder schenkte —, aber stets durch Rath und That von du Bois unterstützt, der „für mich wie eine Mutter gesorgt hat, um mir vorwärts zu helfen und mir möglich zu machen, zu einer wissenschaftlichen Stellung zu kommen“, nahm er sogleich die schon

früher geplanten Untersuchungen über den Stoffverbrauch bei der Muskelaction in Angriff und begann die schwierigen Versuche über die Wärmeleitung in Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenreizes.

Im elterlichen Hause ging es ruhig her; er selbst lebte still und zurückgezogen, ganz in seine Arbeiten vertieft. Freunde seines Bruders können sich noch heute des Eindruckes nicht erwehren, den der 23 jährige junge Mann damals auf sie machte; Kopfbildung und Wesen der Mutter, auf dem Gesichte der Ausdruck vollkommener Ruhe und Geistigkeit; was er sagte, machte den Eindruck des Wahren und Plastischen. Seine besonders feine Beobachtungsgabe bewunderten die jüngeren Freunde schon damals; auf jedem Spaziergange sah er Neues, was sie nicht bemerkt; so fand er, während sie häufig an einer Fontaine in Sanssouci dem Geplätscher und Geriesel feiner Wasserstrahlen zuhörten, in dem Geräusche melodische Klänge und Accorde heraus, auf die er sie aufmerksam machte, die sie aber zu empfinden unfähig waren. Der Escadronsdienst liess ihm viele freie Zeit, aber er verwandte auch jeden Augenblick zur Arbeit; die Zeit der Mittagsruhe benutzte er, wie sein Bruder erzählt, um auf dem Sopha liegend Jacobi's „fundamenta nova functionum ellipticarum“ zu studiren, und das sehr zerlesene Exemplar zeigt uns noch heute die Spuren emsiger Arbeit und das Bestreben, diese schwierige Materie, welche selbst den Mathematikern damals noch wenig bekannt war, sich klar zu machen und für die Anwendungen selbständig zu formen.

Aber auf die Innigkeit des Verhältnisses zwischen Vater und Sohn wirkte das Zusammenleben in Potsdam, wenn auch nur vorübergehend, nicht günstig ein. Je mehr sich des jungen Naturforschers Gedankengang, die Richtung seiner Arbeiten, seine ganze wissenschaftliche Anschauung, welche in nicht allzulanger Zeit die gesammte naturwissenschaftliche Welt sich zu eigen machen sollte, von jeder

metaphysischen Speculation entfernte, um so stärker und zunächst ganz unüberbrückbar trat der Gegensatz zu dem der speculativen Philosophie völlig ergebenen Vater hervor, der für wissenschaftlich nur die deductive, für jeder Wissenschaft feindlich die inductive Methode ansah, während Helmholtz gerade diese auf seinen Schild erhoben und zum Segen der Naturwissenschaften, der Wissenschaften überhaupt, bis an sein Ende hoch gehalten hat. Der Vater in dem stolzen Bewusstsein, dass er als Philosoph besser die Richtung zu bestimmen wisse, in welcher der Mensch zur Erkenntniss vordringen könne, und in der wohlmeinendsten Absicht, seinen Sohn, „der sein grösster Schatz war“, auf den richtigen Weg wissenschaftlicher Forschung zu leiten, damit er nicht fortwährend auf Irrgänge geriethe, liess bei den jetzt täglichen Unterhaltungen keine Gelegenheit vorübergehen, um, auf allgemeine philosophische Ueberzeugungen und metaphysische Anschauungen gestützt, seinen Sohn, bei welchem sich bereits alles um die Ermittelung thatsächlicher Beweise für das die Welt beherrschende Gesetz von der Constanz der Kraft drehte, in seinem Denken und der Methode seiner Forschung wankend zu machen.

Helmholtz sah ein, dass eine Einigung in den Anschauungen von wissenschaftlicher und methodischer Forschung auf so verschiedenem Boden nicht zu erzielen sei, und hielt es für das Richtigere, dem Vater zunächst von seinen Arbeiten überhaupt keine Mittheilung mehr zu machen; freilich empfand der alte Mann dies bald schwer, aber so blieb das Familienverhältniss wenigstens ein gutes und schönes, und die Zukunft sollte sehr bald das väterliche Herz hoch aufjubeln lassen in der Freude über den grossen Sohn, welcher den Familiennamen über die Erde trug.

Da Helmholtz nunmehr während der folgenden Jahre in Potsdam bei seinen Arbeiten ganz auf sich selbst angewiesen war, zog ihn das Bedürfniss zu wissenschaftlichem Gedankenaustausch häufig nach Berlin zu seinem grossen

Lehrer Johannes Müller und seinen treuen Freunden du Bois, Brücke und dem fünf Jahre älteren Ludwig, die ebenfalls in genialer Weise neue Bahnen in ihrer Wissenschaft einschlugen, die aber willig und neidlos dem jüngeren Helmholtz die Superiorität zugestanden, wie es ja du Bois später bei verschiedenen Gelegenheiten in so schönen Worten oft ausgesprochen, und wie es Brücke in seiner zurückhaltenden und zarten Weise häufig im Freundeskreise, an die schönen Erinnerungen seiner Jugendzeit anknüpfend, hervorgehoben hat.

Aber bald trat Helmholtz in Berlin auch in einen grösseren Kreis wissenschaftlich hervorragender Männer ein. In dem Colloquium bei ihrem Lehrer Gustav Magnus hatten sich die hervorragenden Schüler Müller's mit anderen jungen Naturforschern, Physikern und Chemikern, zusammengefunden, und es hatten du Bois, Brücke, Karsten, Beetz, Heintz und Knoblauch im Jahre 1845 die physikalische Gesellschaft gegründet, in welche du Bois den jungen Helmholtz einführte, der sehr bald willig von ihnen allen als ihre grösste Zierde anerkannt wurde; über ein Jahrzehnt lang hat er sich an der Berichterstattung in den „Fortschritten der Physik“ für einzelne Gebiete der Physiologie und Physik betheiligt.

Das Räthsel von der Existenz und dem Wesen der Lebenskraft, die Entscheidung, ob das Leben der organischen Körper die Wirkung einer eigenen, sich stets aus sich selbst erzeugenden, zweckmässig wirkenden Kraft sei oder das Resultat der auch in der leblosen Natur thätigen Kräfte, nur eigenthümlich modificirt durch die Art ihres Zusammenwirkens, war ja die von Müller immer wieder von Neuem angeregte Frage, welche Liebig in die weit concretere umgeformt hatte, ob die mechanische Kraft und die in den Organismen erzeugte Wärme aus dem Stoffwechsel vollständig herzuleiten sei oder nicht. Helmholtz erkannte sehr bald, dass alle diese Fragen im engsten Zusammen-

hange stehen mit der Gültigkeit des schon seit Jahren für ihn unumstösslich feststehenden Princips von der Constanz der Kraft, aber die Richtigkeit seiner mathematisch-physikalischen Ueberlegungen sollte erst noch durch eine grosse Reihe von Untersuchungen auf den verschiedensten Gebieten der Physiologie und Physik erwiesen werden, bevor er hoffen durfte, dem Princip in die Wissenschaft Eingang zu verschaffen; so suchte er zunächst in der im Jahre 1845 in Müller's Archiv erschienenen Arbeit „Ueber den Stoffverbrauch bei der Muskelaction“ die Wahrheit seiner physikalischen Grundanschauungen an einem äusserst schwierigen physiologischen Probleme zu prüfen.

Wenn auch schon Lavoisier gezeigt hatte, dass der arbeitende Mensch mehr Sauerstoff verbraucht als der ruhende, und wenn auch bekannt war, dass zur Hervorrufung der mechanischen Effecte gewisse wägbare oder unwägbare Materien verbraucht werden, welche sich fortwährend durch die vegetativen Lebensprocesse neu erzeugen, und dass durch Muskelanstrengung die Quantität gewisser ausgeschiedener stickstoffreicher Verbindungen vermehrt werde, so fehlte doch jede Kenntniss aller Anfangs- und Mittelglieder des Processes und des Ortes ihrer Erzeugung; deshalb suchte Helmholtz zunächst die durch die eigene Thätigkeit der Muskeln hervorgebrachte Veränderung in der chemischen Zusammensetzung derselben zu erforschen. Indem er sich an die „alten Märtyrer der Wissenschaft, die Frösche“ wandte, gelang es ihm, mit Hülfe der kleinen, selbst construirten Elektrisirmaschine und einer Leydener Flasche auf Grund der Vorstellungen von den chemischen Processen, wie er sie sich in seinen Untersuchungen über Fäulniss und Gährung gebildet hatte, nachzuweisen, dass während der Action der Muskeln eine chemische Umsetzung der in ihnen enthaltenen Verbindungen vor sich geht, und diese Erkenntniss führte ihn nach vielen und mühsamen Versuchen zu einer Reihe wichtiger und

zahlenmässiger Resultate, die noch für lange Zeit die einzigen exacten geblieben sind, welche in Betreff dieser Frage ermittelt wurden. Helmholtz selbst aber sah sehr bald, da er stets den weiteren Zusammenhang aller dieser Fragen und deren Beziehung zu jenem grossen Naturgesetz, welches alle seine Gedanken beherrschte, im Auge behielt, dass zunächst noch, um genaue Resultate für den Stoffverbrauch zu gewinnen, die Beziehungen zwischen der Muskelaction und der dabei entwickelten Wärme festzustellen seien; diese erforderten aber wesentlich neue Untersuchungen, die er erst später wieder aufnehmen konnte.

Zur Staatsprüfung für Michaelis nach Berlin einberufen, konnte er nur noch vorher für das Encyclopädische Handwörterbuch der medicinischen Wissenschaften, das von Mitgliedern der Berliner medicinischen Facultät herausgegeben wurde, einen „Wärme, physiologisch“ betitelten Artikel, die neuesten Forschungen über thierische Wärme betreffend, zusammenstellen, der in geistvoller Form Klarheit und Ordnung in die damals noch verworrenen Vorstellungen von dem Wesen der Wärme zu bringen suchte und sich schon durch den später so allgemein bewunderten Ueberblick über die historische Entwickelung der verschiedensten Disciplinen der Naturwissenschaft auszeichnete.

Nachdem er die Thatsache der Erscheinung einer gleichmässigen, erhöhten Temperatur an den vollkommener organisirten Thieren, welche das ganze Leben hindurch besteht und erst mit dessen Erlöschen verschwindet, historisch und kritisch entwickelt und die Temperaturunterschiede der verschiedenen Thierarten besprochen, geht er auf den Ursprung der thierischen Wärme ein, legt in diesem äusserst interessanten Kapitel in klarer Weise die Anschauungen dar, welche man sich von der Wärme gebildet hat, und erklärt als bedeutendste Folgerung, welche aus der bisher festgehaltenen theoretischen Anschauung fliesst, das als Fundament der organischen Wärme sich ergebende Gesetz, dass

die Summe der Wärme, welche bei der Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente zu denselben Verbindungen frei wird, dieselbe sein muss, in welchen verschiedenen Zwischenstufen auch die Verbindung vor sich gegangen sein mag. Weil aber in der Natur die Menge eines Stoffes nicht vermehrt oder verringert werden kann, so folgert er aus der herrschenden theoretischen Ansicht über das Wesen der Wärme zunächst, dass die Quantität derselben in der Natur eine absolut constante sei, und schliesst daraus für die Theorie der organischen Wärme, dass die in den Organismen vorhandene Temperatur nur aus der frei oder latent in sie eingetretenen Wärme zu erklären sei, dass somit, da die Quellen freier Wärme nur in Ausnahmefällen existiren, die organische Wärme nothwendig von der latenten Wärme der Ingesta herrühre. Er zeigt, dass die vorhandenen Erfahrungen über Wärmeerzeugung, Wärmeverlust und Stoffverbrauch der Thiere zu dem Schlusse berechtigen, dass die durch Respiration und Digestion dem Körper gelieferten Stoffe durch ihre im Organismus in verschiedenen Zwischenstufen erfolgende Verbindung die gesammte Lebenswärme liefern; denn sonst bliebe seiner Ansicht nach nur die Annahme übrig, dass unmittelbar durch eine eigenthümliche Kraft der organischen Körper — die sogenannte Lebenskraft — Naturkräfte ins Unendliche erzeugt werden können, eine Annahme, die zwar allen logischen Gesetzen der mechanischen Naturwissenschaften widerspricht, der man aber solchen Physiologen gegenüber, welche das Wesen des Lebens eben in diese seine Unbegreiflichkeit setzen, theoretisch nichts entgegenstellen könne.

Im October 1845 wurde nun Helmholtz auf ein halbes Jahr beurlaubt, um als attachirter Chirurg beim Friedrich-Wilhelms-Institut seine Staatsprüfung als Arzt und Wundarzt abzulegen, musste jedoch nach dem Gesetze die Verpflichtung eingehen, nach Ablauf seines Attachements eine doppelt so lange Zeit, als dasselbe gewährt hat, als Militär-

chirurgus in der königl. Armee zu dienen; erst am 7. Februar 1846 kehrte er nach absolvirter Staatsprüfung als Arzt und Wundarzt nach Potsdam zurück.

Diese fünf Monate seines Berliner Aufenthaltes verbrachte er in angestrengtester Arbeit und in stetem und engstem wissenschaftlichen Verkehr mit seinen Freunden du Bois und Brücke, die sich später nach ihrer Trennung alle ihre wissenschaftlichen Pläne und die bei ihren Untersuchungen gewonnenen Resultate brieflich mittheilten. Das Weihnachtsfest kann Helmholtz zum ersten Male nicht im Kreise der Seinigen verleben; am 19. December schreibt er den Eltern:

„Mir selbst ist es gut gegangen, seit ich das letzte Mal bei Euch war; meine beiden Clausurarbeiten habe ich gemacht für die äussere Station, die erste am Sonnabend für Kothe, und die zweite am Mittwoch für Jüngken; beide Examinatoren haben sich mit den darin aufgestellten Diagnosen und Behandlungsweisen übereinstimmend erklärt. Bis zum Sonnabend über acht Tage muss ich nun täglich dreimal nach der Charité, des Morgens und Abends, um mit dem Stabsarzt, des Mittags, um mit einem der Examinatoren Visite zu machen und mich examiniren zu lassen.... Zum Schluss werden jedem von uns vier Kranke überwiesen, deren Krankheit wir in Gegenwart der Examinatoren bestimmen müssen; dazu werden natürlich nur klarere Fälle gewählt, während der von mir für Jüngken bearbeitete ziemlich knifflicher Natur war, so dass, wie ich nachher von Hartwich hörte, die Stabsärzte und Grimm schon sehr verschiedene Meinungen aufgestellt hatten."

Zugleich arbeitet er beständig im Laboratorium von Magnus an der Fortsetzung seiner Untersuchungen über Fäulniss und Gährung und besucht fleissig die Sitzungen der Physikalischen Gesellschaft, bis er endlich am 25. Januar 1846 seinen Eltern den glücklichen Verlauf des wesentlichsten Theiles der Staatsprüfung anzeigen kann:

„Ich kann Euch nun auch von der inneren Station melden, dass ich sie gestern glücklich vollendet habe; nach einer Privatnachricht von dem Charitéchirurgen, der die Cursusgeschäfte versieht, habe ich in beiden Charitéstationen das Prädicat „sehr gut“ bekommen. Uebrigens machte die letzte kein geringes Stück Arbeit; denn ausserdem, dass man neben den beiden Visiten mit dem Stabsarzt des Mittags drei Stunden mit den Examinatoren zu verbringen hatte, war eine grosse Menge Gedächtnisskram in den Kopf zu bringen, namentlich die Dosen von einer Fluth brauchbarer und unbrauchbarer Arzneimittel, wobei mir unsere Mnemotechnik gute Dienste geleistet hat; wie es einzelne, nicht viele andere ohne dieselbe zu Stande bringen, begreife ich wirklich nicht. Dabei kann man kaum beurtheilen, wie man mit den Examinatoren steht; niemand kann es ihnen recht machen, wer nicht hin und wieder im Rathen glücklich ist, so dass ich gestehen muss, vor der Abstimmung mit gleicher Wahrscheinlichkeit das Prädicat „sehr gut“ oder eine Nachprüfung erwartet zu haben. Eine solche ist unter anderen zwei Leuten zu Theil geworden, welche mit uns zusammen in der Anatomie angefangen haben, und die allgemein zu den allertüchtigsten der diesjährigen Cursisten gerechnet wurden. Ich werde ungefähr bis zum 1. k. M. noch hier bleiben, um meine Versuche bei Magnus abzuschliessen, und für meine ferneren Untersuchungen noch einiges zu studiren, wozu mir in Potsdam die Bücher nicht zur Hand sind; denke aber dann hinüberzugehen, und zur Schlussprüfung nur auf einen Tag zurückzukehren ....“

Auch die Schlussprüfung absolvirte er schon nach vierzehn Tagen und „bestand die Staatsprüfung als Arzt und Wundarzt sehr gut“; den Titel „Operateur“ hat er nicht erhalten.

Unmittelbar nach der Rückkehr in seinen militärärztlichen Wirkungskreis in Potsdam finden wir ihn wieder mit seinen Wärmeuntersuchungen bei der Muskelaction be-

schäftigt und von jetzt an in regelmässigem Gedankenaustausch mit du Bois theils durch Briefe, die fast alle 14 Tage gewechselt wurden, theils durch persönliche Besuche der beiden Freunde in Berlin oder Potsdam. Bis zum 1. Juli hatte er die Lazarethwache, aber „jetzt bin ich wieder glücklich, weil ich freie Zeit zum Experimentiren habe", und nachdem er sich „nach vielen Mühen von der Constanz des Froschstromes zwischen Kupferelektroden in Kupfervitriollösung" überzeugt, geht er an die Untersuchung der Frage, wie sich die von ihm gefundenen chemischen Processe in den Muskeln bei demselben verhalten.

In den ersten Tagen des October 1846 schickt er du Bois (auf dessen Ansuchen verfasst) für die von der Physikalischen Gesellschaft herausgegebenen „Fortschritte der Physik", einen „Bericht über die Theorie der physiologischen Wärmeerscheinungen für 1845", der nur einen kurzen Auszug aus dem vorher erwähnten Artikel in dem Encyclopädischen Wörterbuche liefert, aber noch weit bestimmter als Vorläufer der nahe bevorstehenden Veröffentlichung seiner grossen Arbeit auftritt. Er spricht es klar und präcise aus, dass die materielle Theorie der Wärme nicht mehr aufrecht zu erhalten, sondern eine Bewegungstheorie zu substituiren sei, weil die Wärme aus mechanischen Kräften ihren Ursprung nehme, unmittelbar durch Reibung oder mittelbar durch elektrische Ströme bei der Bewegung von Magneten, und dass diese Auffassung der Wärme als Bewegung nothwendig auf die Annahme führe, dass mechanische, elektrische und chemische Kräfte nur immer ein bestimmtes Aequivalent derselben erzeugen können, wie auch die Art des Ueberganges der einen Kraft in die andere sein mag. Die experimentelle Prüfung dieser Principien sieht er als die nächste wesentliche Aufgabe der physikalischen und physiologischen Forschung an.

Während der letzten Monate des Jahres 1846 ist er vollauf mit seinen Versuchen über die bei der Muskelaction entstehende Wärmeentwickelung beschäftigt. Nachdem er

mit du Bois vielfach mündlich und schriftlich über die Umwandlung eines Thermomultiplicators von überaus grosser Empfindlichkeit durch empirische Graduation in ein Thermometer für tausendstel Grade verhandelt, erbittet er sich dessen von Halske mit eigener Hand gebaute tragbare Waage, um „über die Aschenbestandtheile der Muskeln und die Zusammensetzung der Nerven in Hinsicht auf etwaige Aenderung durch die Muskelcontraction Versuche anzustellen"; er musste jedoch, nachdem ihm du Bois seine Waage selbst nach Potsdam gebracht, durch seine amtliche Thätigkeit gezwungen, mit Ende des Jahres diese Versuche für längere Zeit unterbrechen. Das neue Jahr lenkte seine wissenschaftlichen Forschungen auf ein grösseres und umfassenderes Gebiet, aber es sollte für ihn nicht nur als Gelehrten, sondern auch nach anderer Seite hin das bedeutungsvollste seines Lebens werden.

Die Wittwe des Oberstabsarztes von Velten war mit ihren beiden Töchtern nach dem Tode ihres Mannes von Riesenburg nach Potsdam gezogen, um durch ihren Bruder, der eben daselbst Oberstabsarzt bei den Gardehusaren war, in einen Kreis gebildeter und angesehener Familien eingeführt zu werden, und die Möglichkeit für eine gute Erziehung ihrer Kinder zu gewinnen. Ihr Mann war der Sohn jenes Cornett Velten von den Ziethen-Husaren gewesen, der in der Schlacht bei Kunersdorf auf dem Rückzuge den König, welcher, allein auf einer Erhöhung des Schlachtfeldes stehend, den Degen vor sich in die Erde gestossen, dem Tode oder der Gefangennahme entgegensah, dadurch rettete, dass er sich mit dem Rittmeister von Prittwitz zu ihm durchschlug und ihn auf seinem eigenen Pferde der Gefahr entrinnen liess, wofür er geadelt wurde und den Orden pour le mérite erhielt. Frau von Velten war die Tochter des verstorbenen Hofraths Puhlmann, des Directors der durch Friedrich den Grossen gegründeten Gemäldegallerie, Hofmalers und Conservators. Diese Familien-

beziehungen, sowie die durch eine ausgezeichnete Erziehung bei den Töchtern sorgsam gepflegte Liebe für künstlerische und ideale Lebensbedürfnisse öffneten den begabten und anziehenden Frauen schon nach wenigen Jahren die besten Kreise Potsdams. In diese angesehene Familie fand nun auch Helmholtz sehr bald Zugang, „zu Anfang ein etwas fremdartiger Gast“.

„Sehr ernst und innerlich“, so schildert ihn seine Schwägerin, „etwas ungewandt und beengt unter zum Theil lebhaft angeregten und weltkundigen jungen Männern, war es ganz charakteristisch, was man mir bei seiner Vorstellung sagte: ein sehr gescheidter Mensch, aber Sie müssen ihn erst ausgraben; das wurde dann in der That eine Schatzgräberei.“ Sehr bald war er organisch eingefügt in das Wesen dieses Hauses, das, nach seinem eigenen Ausspruche, nicht den Eindruck des gewöhnlichen Lebens, sondern den einer schönen Novelle auf ihn gemacht hatte, sein Urtheil wurde in demselben schon nach kurzer Zeit in allen Dingen bestimmend. Er musicirte viel mit der jüngeren Schwester Olga, die sehr schön sang, las häufig und ungewöhnlich gut vor, dichtete sehr hübsche kleine Huldigungen für die jungen Mädchen und spielte fast künstlerisch Comödie, wobei ihm besonders die humoristischen Partien und speciell diejenigen mit einem Stich ins Groteske zusagten. So spielte er, wie ein noch vorhandener Theaterzettel aufweist, am 27. December 1846 im Hause des damaligen Gymnasialdirectors Rigler zu Potsdam bei einer Aufführung des Theaterstückes „Wohnungen zu vermiethen“ die umfangreichste und wichtigste Rolle des Herrn Petermann; nach der Schilderung einer noch lebenden Augenzeugin hätte sich Helmholtz in liebenswürdigster Weise mit grossem Fleisse der Aufführung gewidmet, dennoch sei seinem Spiele anzumerken gewesen, dass seinen Geist andere und höhere Gedanken beschäftigten — gerade in diesen Tagen schrieb er die Einleitung zu seiner „Erhaltung der Kraft“.

„So wuchs er“, schreibt seine Schwägerin „untrennbar fest ein in unser Dasein, und es zeitigte sich in ihm und meiner Schwester die Erkenntniss, dass sie fürs Leben zusammen gehörten. Olga war nicht schön, aber fein und anmuthig, nicht lebhaft hervortretend, aber mit Verstand aufmerkend und scharf beobachtend; ihr Geist schlagfertig, amusant, witzig, bis zum Sarcasmus scharf; vor allem aber lag über ihr ein Hauch von Weiblichkeit und einfacher schlichter Reinheit — etwas ganz Unwiderstehliches.“

Am 11. März 1847 fand die Verlobung statt, und es mag aus jener Zeit als ein Zeugniss der edelsten und reinsten Liebe das Fragment eines Briefes hier Platz finden, den er an seine Braut richtete, die er in einem Symphonie-Concert der Sing-Akademie zu Berlin vergeblich erwartet hatte: „Ihr kamt nicht — da war es denn auch mit meinem Hören schlecht bestellt. Es war mir, als hätte bisher nur immer Deine Seele, mit ihrer tief musikalischen Innerlichkeit, die Harmonieen in mein Verständniss hinein geleitet. Meine Ohren hörten nur musikalische Figuren, und meine Seele hörte gar nichts. Natürlich war es die Mozart'sche Symphonie, bei der es mir so ging, eine der schönsten von ihm, über die Alle um mich her in Entzücken schwammen. Ich, wie ich da war, vereinsamt, verlassen von der schöneren Hälfte meiner Seele, hätte ebensogut können Scalen auf dem Clavier spielen hören. Erst bei der Coriolan-Ouverture kam ich wieder zu mir — das ist ein Juvel, so kurz, bündig, so entschieden und stolz zwischen einer Menge von Unruhe und wirren Kämpfen, und stirbt zuletzt so traurig in ein paar melancholischen Tönen — ein Meisterwerk, wie es nicht grösser sein kann.“

Bis zur Hochzeit, die erst nach einer festen Anstellung von Helmholtz erfolgen konnte, hielt sich zunächst Frau von Velten mit ihren Töchtern in Potsdam, vom Herbst 1848 an mit ihrer Tochter Olga auf einem benachbarten

Gute bei der inzwischen verheiratheten älteren Tochter auf, während nunmehr der jugendliche Bräutigam muthig den Anlauf nimmt zu seinem grössten wissenschaftlichen Wurfe.

Am 21. December 1846 schreibt er seinem Freunde du Bois, „im nächsten Quartal habe ich Lazarethwache, da werde ich hauptsächlich Constanz der Kräfte treiben", und schon in der Mitte des Februar 1847 schickt er demselben den Versuch einer Einleitung zur Constanz der Kraft.

„Nicht weil ich damit fertig zu sein glaube, denn ich habe eben beim Durchlesen gesehen, dass vielleicht nichts darin bleiben kann, sondern weil ich noch nicht absehe, wie oft ich ihn noch umarbeiten muss, ehe er fertig ist, und weil ich zu erfahren wünsche, ob Du die Art der Darlegung für eine solche hältst, die bei Physikern Eingang finden kann. Ich habe mich bei der letzten Ausarbeitung zusammengenommen und Alles über Bord geworfen, was nach Philosophie roch, so weit es nicht dringend nöthig war, darum mögen einige Gedankenlücken geblieben sein. Du wirst aber ungefähr die Art der Beweisführung daraus sehen können. Eile hat es nicht mit dem Durchlesen, thue es nach Musse, und schreibe mir dann; wo Du Dunkelheiten oder Lücken im Einzelnen findest, bemerke es am Rande; vielleicht komme ich in einiger Zeit selbst einmal nach Berlin, um mich mündlich mit Dir zu besprechen."

Mit Begeisterung nahm du Bois diese Einleitung auf; sie sollte bleiben, wie sie war, „ein historisches Document grosser wissenschaftlicher Conception für alle Zeiten".

Das Quartal der Lazarethwache vom 1. Januar bis 1. April 1847 war für den 25 jährigen Forscher die Zeit, in welcher er die seit Beginn seiner Studien gehegten, zunächst auf den verschiedensten Gebieten der Physik und Physiologie durch Versuche erprobten Gedanken zu formuliren sich bemühte, um dann mit ihnen in die Oeffentlichkeit zu treten; weder zu ihm noch zu seinen Freunden war die Kunde ge-

drungen, dass auch andere Naturforscher mit ähnlichen Anschauungen sich trugen. Als er, von der Lazarethwache frei, wieder ungestört seine experimentellen Arbeiten aufnehmen kann, baut er sich noch im April die Apparate zusammen zu seinen thermischen Muskelversuchen, giebt du Bois aus seiner reichen Erfahrung heraus viele werthvolle Rathschläge für dessen Versuche, „harrt ungeduldig auf Frühling und Frösche", muss aber wieder seine Versuche unterbrechen, weil Halske ihn mit der Construction des Neef'schen Apparates zu lange warten lässt — und nun endlich sieht er die Zeit gekommen, um mit der „Erhaltung der Kraft" in die Welt zu treten.

Nachdem er am 1. Juni 1847 in das Königl. Regiment der Gardes-du-Corps, gleichfalls in Potsdam, versetzt worden, kündigt er am 21. Juli du Bois an, dass er am 23. in der physikalischen Gesellschaft seine „Constanz der Kraft" vortragen möchte. So machte er diese Sitzung, in der er sich, wie du Bois erzählt, zum Erstaunen aller seiner Freunde mit einem Schlage als einen jeder Aufgabe gewachsenen Physico-Mathematiker offenbarte, zu der denkwürdigsten in deren Annalen; die physikalische Gesellschaft erkannte zuerst das Gesetz von der Erhaltung der Kraft an, als noch die ganze übrige Welt nichts davon wissen wollte.

Unmittelbar nach der Sitzung sandte er das Manuscript an Magnus, mit dem er in den freundschaftlichsten Beziehungen stand, mit der Bitte, die Aufnahme dieser Arbeit in den Poggendorff'schen Annalen zu vermitteln. Aber Magnus, wenn er Helmholtz auch stets die bereitwilligste und freundlichste Anerkennung zollte, hatte gerade gegen die Art, in welcher Helmholtz' Arbeiten meistens entstanden, Verwahrung eingelegt; er betrachtete die experimentelle und mathematische Physik als völlig getrennte Gebiete und warnte wiederholt vor zu eingehender Beschäftigung mit der Mathematik und vor dem Bestreben, auseinanderliegende Gebiete der Physik durch diese mit einander verknüpfen zu wollen.

Daher übersandte er die Arbeit von Helmholtz nur mit einigen allgemein empfehlenden Worten an Poggendorff, und wahrscheinlich auch dies nur gedrängt durch den in voller Begeisterung für Helmholtz eintretenden du Bois, der im Verein mit Brücke all' die jüngeren Physiker und Physiologen der physikalischen Gesellschaft sogleich auf seine Seite gezogen. Die Antwort Poggendorff's lautete:

„Lieber Magnus! Deinem Wunsche gemäss habe ich die Abhandlung des Dr. Helmholtz sogleich durchgesehen, um Dir in Betreff der vorgelegten Frage noch heute meine Antwort zu senden. Gewiss ist der Gegenstand wichtig und seine Behandlung anregend, aber bei dem besten Wunsche, dem Verfasser willfährig sein zu können, muss ich doch immer zu dem Schluss gelangen, dass es die Umstände leider nicht gestatten. Es ist nicht bloss der Umfang der Arbeit, welcher jedenfalls eine Veröffentlichung derselben im laufenden Jahrgang der Annalen nicht mehr erlauben würde, als vielmehr die Natur der Abhandlung, die mich zwingt, dieselbe abzulehnen, wie ich es in ähnlichen Fällen schon mehrmals habe thun müssen. Die Annalen sind nothwendig vor Allem auf experimentelle Untersuchungen angewiesen, und Du weisst selber zur Genüge, wie gross die Masse dieser heut zu Tage ist. Kaum dass ich sie zu bewältigen vermag. Ich müsste schier einen beträchtlichen Theil derselben opfern, wollte ich den theoretisirenden die Pforten öffnen, denen ich übrigens meine Achtung und die Anerkennung ihres Nutzens nicht versage.

Meine unmassgebliche Meinung wäre, der Verfasser liesse die Abhandlung für sich erscheinen. Sie ist ja stark genug dazu, und dass sie gelesen werde, dafür bürgt der interessante und wichtige Inhalt der Gegenstände, die darin besprochen werden. Sollte der Verfasser später Musse haben, diesen oder jenen Theil seiner anregenden Speculationen durch Versuche zu bewähren oder auch nur zu prüfen (ein anderer als er selbst wird es schwerlich im rechten Maasse thun), so stehen

ihm mit grossem Vergnügen die Annalen zur Veröffentlichung der Resultate zu Gebote. Mit der Bitte, diese Antwort dem Verfasser mitzutheilen und ihn dabei der aufrichtigsten Anerkennung seiner rühmlichen und von so vielen Kenntnissen zeigenden Bestrebungen zu versichern, ganz der Deine Poggendorff. Sonntag, d. 1. August 47."

Schon am folgenden Tage schrieb Magnus an du Bois:

„Gestern erhielt ich das Manuscript von Poggendorff mit einem Briefe zurück, den ich zur Abkürzung meiner Antwort im Original mit der Bitte um gefällige Rückgabe hier beifüge. Es thut mir ausserordentlich leid, dass Poggendorff die Aufnahme ablehnt, da nach meiner Ansicht der Aufsatz sehr nützlich wirken kann, und ausserdem ein seltenes Beispiel von vielseitigen Kenntnissen und einen neuen Beweis von Dr. Helmholtz' Scharfsinn und Talent liefert. Mir scheint das zweckmässigste, die Abhandlung als eine besondere kleine Schrift zu veröffentlichen. Auf ähnliche Weise hat auch Holtzmann seinen Aufsatz publicirt. Gern würde ich Poggendorff noch zur Aufnahme umzustimmen suchen, wenn ich nicht berücksichtigte, dass die Ansichten von Dr. Helmholtz gewiss eine Menge Repliken hervorrufen werden, denen Poggendorff die Aufnahme dann nicht weigern kann.

Dr. Helmholtz hatte mit dem Manuscript einen Brief an mich gerichtet. Ich müsste ihm daher meine Antwort zugehen lassen. Nur Ihr Wunsch, die Beantwortung zu vermitteln, veranlasst mich, Sie zu bitten, dem Dr. Helmholtz die weitere Mittheilung mit dem Bemerken zu machen, dass ich gern bereit bin, mich ihm stets, so weit es in meinen Kräften steht, dienlich zu erweisen. Ganz der Ihrige G. Magnus. Berlin, 2. Aug. 47."

Du Bois übersendet Helmholtz sogleich diese beiden Briefe, indem er seinem Unwillen über Poggendorff und Magnus kräftigen Ausdruck giebt, und ertheilt ihm den Rath, die Abhandlung, wenn irgend möglich, bei Reimer in

Berlin als selbständige Arbeit erscheinen zu lassen, aber zu diesem Zwecke die philosophische Einleitung zu restituiren, „worin sich doch viele herrliche Dinge sagen lassen". Helmholtz findet in seinem Antwortschreiben an du Bois die von Poggendorff angegebenen Gründe nicht stichhaltig, weil die Arbeit einerseits kaum drei Druckbogen einnimmt und weil er andererseits „nicht an dem angegebenen Princip festgehalten hat, wie die Aufnahme der Arbeiten von Clapeyron und Holtzmann zeigt, von denen sich meine Arbeit dem Wesen der Methode nach garnicht unterscheidet". Aber er lässt sich durch diese Zurückweisung in der Freudigkeit der Arbeit nicht stören und verändert zunächst einzelne Theile der Einleitung, um seine Stellung zu den herrschenden naturwissenschaftlichen Anschauungen deutlicher zu kennzeichnen; diese Einleitung wurde in ihrem Inhalt das Programm der modernen Naturforschung der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, liess aber auch schon in der Einfachheit und Schönheit der Form den Meister der Sprache erkennen; es möge ihr deshalb hier von Neuem eine Stelle geweiht sein:

„Vorliegende Abhandlung musste ihrem Hauptinhalte nach hauptsächlich für Physiker bestimmt werden, ich habe es daher vorgezogen, die Grundlagen derselben unabhängig von einer philosophischen Begründung rein in der Form einer physikalischen Voraussetzung hinzustellen, deren Folgerungen zu entwickeln und dieselben in den verschiedenen Zweigen der Physik mit den erfahrungsmässigen Gesetzen der Naturerscheinungen zu vergleichen. Die Herleitung der aufgestellten Sätze kann von zwei Ausgangspunkten angegriffen werden, entweder von dem Satze, dass es nicht möglich sein könne, durch die Wirkungen irgend einer Combination von Naturkörpern auf einander in das Unbegrenzte Arbeitskraft zu gewinnen, oder von der Annahme, dass alle Wirkungen in der Natur zurückzuführen seien auf anziehende und abstossende Kräfte, deren Intensität nur von der Entfernung der auf einander wirkenden Punkte

abhängt. Dass beide Sätze identisch sind, ist im Anfange der Abhandlung selbst gezeigt worden. Indessen haben dieselben noch eine wesentlichere Bedeutung für den letzten und eigentlichen Zweck der physikalischen Naturwissenschaften überhaupt, welchen ich in dieser abgesonderten Einleitung darzulegen versuchen werde.

Aufgabe der genannten Wissenschaften ist es, einmal die Gesetze zu suchen, durch welche die einzelnen Vorgänge in der Natur auf allgemeine Regeln zurückgeleitet und aus den letzteren wieder bestimmt werden können. Diese Regeln, z. B. das Gesetz der Brechung oder Zurückwerfung des Lichtes, das von Mariotte und Gay Lussac für das Volum der Gasarten, sind offenbar nichts als allgemeine Gattungsbegriffe, durch welche sämmtliche dahin gehörige Erscheinungen umfasst werden. Die Aufsuchung derselben ist das Geschäft des experimentellen Theiles unserer Wissenschaften, der theoretische Theil derselben sucht dagegen die unbekannten Ursachen der Vorgänge aus ihren sichtbaren Wirkungen zu finden; er sucht dieselben zu begreifen nach dem Gesetze der Causalität. Wir werden genöthigt und berechtigt zu diesem Geschäfte durch den Grundsatz, dass jede Veränderung in der Natur eine zureichende Ursache haben müsse. Die nächsten Ursachen, welche wir den Naturerscheinungen unterlegen, können selbst unveränderlich sein oder veränderlich; im letzteren Falle nöthigt uns derselbe Grundsatz, nach anderen Ursachen wiederum dieser Veränderung zu suchen, und so fort, bis wir zuletzt zu letzten Ursachen gekommen sind, welche nach einem unveränderlichen Gesetz wirken, welche folglich zu jeder Zeit unter denselben äusseren Verhältnissen dieselbe Wirkung hervorbringen. Das endliche Ziel der theoretischen Naturwissenschaften ist also, die letzten unveränderlichen Ursachen der Vorgänge in der Natur aufzufinden. Ob nun wirklich alle Vorgänge auf solche zurückzuführen seien, ob also die Natur vollständig begreiflich sein müsse, oder ob es Ver-

änderungen in ihr gebe, die sich dem Gesetze einer nothwendigen Causalität entziehen, die also in das Gebiet einer Spontaneität, Freiheit, fallen, ist hier nicht der Ort zu entscheiden; jedenfalls ist es klar, dass die Wissenschaft, deren Zweck es ist, die Natur zu begreifen, von der Voraussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen müsse, und dieser Voraussetzung gemäss schliessen und untersuchen, bis sie vielleicht durch unwiderlegliche Facta zur Anerkenntniss ihrer Schranken genöthigt sein sollte.

Die Wissenschaft betrachtet die Gegenstände der Aussenwelt nach zweierlei Abstractionen: einmal ihrem blossen Dasein nach, abgesehen von ihren Wirkungen auf andere Gegenstände oder unsere Sinnesorgane; als solche bezeichnet sie dieselben als Materie. Das Dasein der Materie an sich ist uns also ein ruhiges, wirkungsloses; wir unterscheiden an ihr die räumliche Vertheilung und die Quantität (Masse), welche als ewig unveränderlich gesetzt wird. Qualitative Unterschiede dürfen wir der Materie an sich nicht zuschreiben, denn wenn wir von verschiedenartigen Materien sprechen, so setzen wir ihre Verschiedenheit immer nur in die Verschiedenheit ihrer Wirkungen, d. h. in ihre Kräfte. Die Materie an sich kann deshalb auch keine andere Veränderung eingehen, als eine räumliche, d. h. Bewegung. Die Gegenstände der Natur sind aber nicht wirkungslos, ja wir kommen überhaupt zu ihrer Kenntniss nur durch die Wirkungen, welche von ihnen aus auf unsere Sinnesorgane erfolgen, indem wir aus diesen Wirkungen auf ein Wirkendes schliessen. Wenn wir also den Begriff der Materie in der Wirklichkeit anwenden wollen, so dürfen wir dies nur, indem wir durch eine zweite Abstraction demselben wiederum hinzufügen, wovon wir vorher abstrahiren wollten, nämlich das Vermögen, Wirkungen auszuüben, d. h. indem wir derselben Kräfte zuertheilen. Es ist einleuchtend, dass die Begriffe von Materie und Kraft in der Anwendung auf die Natur nie getrennt werden dürfen. Eine reine Materie wäre

für die übrige Natur gleichgültig, weil sie nie eine Veränderung in dieser oder in unseren Sinnesorganen bedingen könnte; eine reine Kraft wäre etwas, was dasein sollte und doch wieder nicht dasein, weil wir das Daseiende Materie nennen. Ebenso fehlerhaft ist es, die Materie für etwas Wirkliches, die Kraft für einen blossen Begriff erklären zu wollen, dem nichts Wirkliches entspräche; beides sind vielmehr Abstractionen von dem Wirklichen, in ganz gleicher Art gebildet; wir können ja die Materie eben nur durch ihre Kräfte, nie an sich selbst, wahrnehmen.

Wir haben oben gesehen, dass die Naturerscheinungen auf unveränderliche letzte Ursachen zurückgeführt werden sollen; diese Forderung gestaltet sich nun so, dass als letzte Ursachen der Zeit nach unveränderliche Kräfte gefunden werden sollen. Materien mit unveränderlichen Kräften (unvertilgbaren Qualitäten) haben wir in der Wissenschaft (chemische) Elemente genannt. Denken wir uns aber das Weltall zerlegt in Elemente mit unveränderlichen Qualitäten, so sind die einzigen noch möglichen Aenderungen in einem solchen System räumliche, d. h. Bewegungen, und die äusseren Verhältnisse, durch welche die Wirkung der Kräfte modificirt wird, können nur noch räumliche sein, also die Kräfte nur Bewegungskräfte, abhängig in ihrer Wirkung nur von den räumlichen Verhältnissen.

Also näher bestimmt: Die Naturerscheinungen sollen zurückgeführt werden auf Bewegungen von Materien mit unveränderlichen Bewegungskräften, welche nur von den räumlichen Verhältnissen abhängig sind.

Bewegung ist Aenderung der räumlichen Verhältnisse. Räumliche Verhältnisse sind nur möglich gegen abgegrenzte Raumgrössen, nicht gegen den unterschiedslosen leeren Raum. Bewegung kann deshalb in der Erfahrung nur vorkommen als Aenderung der räumlichen Verhältnisse wenigstens zweier materieller Körper gegen einander; Bewegungskraft, als ihre Ursache, also auch immer nur erschlossen

werden für das Verhältniss mindestens zweier Körper gegen einander, sie ist also zu definiren als das Bestreben zweier Massen, ihre gegenseitige Lage zu wechseln. Die Kraft aber, welche zwei ganze Massen gegen einander ausüben, muss aufgelöst werden in die Kräfte aller ihrer Theile gegen einander; die Mechanik geht deshalb zurück auf die Kräfte der materiellen Punkte, d. h. der Punkte des mit Materie gefüllten Raumes. Punkte haben aber keine räumliche Beziehung gegen einander als ihre Entfernung, denn die Richtung ihrer Verbindungslinie kann nur im Verhältniss gegen mindestens noch zwei andere Punkte bestimmt werden. Eine Bewegungskraft, welche sie gegen einander ausüben, kann deshalb auch nur Ursache zur Aenderung ihrer Entfernung sein, d. h. eine anziehende oder abstossende. Dies folgt auch sogleich aus dem Satze vom zureichenden Grunde. Die Kräfte, welche zwei Massen auf einander ausüben, müssen nothwendig ihrer Grösse und Richtung nach bestimmt sein, sobald die Lage der Massen vollständig gegeben ist. Durch zwei Punkte ist aber nur eine einzige Richtung vollständig gegeben, nämlich die ihrer Verbindungslinie; folglich müssen die Kräfte, welche sie gegen einander ausüben, nach dieser Linie gerichtet sein, und ihre Intensität kann nur von der Entfernung abhängen.

Es bestimmt sich also endlich die Aufgabe der physikalischen Naturwissenschaften dahin, die Naturerscheinungen zurückzuführen auf unveränderliche, anziehende und abstossende Kräfte, deren Intensität von der Entfernung abhängt. Die Lösbarkeit dieser Aufgabe ist zugleich die Bedingung der vollständigen Begreiflichkeit der Natur. Die rechnende Mechanik hat bis jetzt diese Beschränkung für den Begriff der Bewegungskraft nicht angenommen, einmal weil sie sich über den Ursprung ihrer Grundsätze nicht klar war, und dann, weil es ihr darauf ankommt, auch den Erfolg zusammengesetzter Bewegungskräfte berechnen zu können in solchen Fällen, wo die Auflösung derselben in

einfache noch nicht gelungen ist. Doch gilt ein grosser Theil ihrer allgemeinen Principien der Bewegung zusammengesetzter Systeme von Massen nur für den Fall, dass dieselben durch unveränderliche anziehende oder abstossende Kräfte auf einander wirken; nämlich das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten, das von der Erhaltung der Bewegung des Schwerpunktes, von der Erhaltung der Hauptrotationsebene und des Momentes der Rotation freier Systeme, das von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Für irdische Verhältnisse finden von diesen Principien hauptsächlich nur das erste und letzte Anwendung, weil sich die anderen nur auf vollkommen freie Systeme beziehen, das erste ist wieder, wie wir zeigen werden, ein specieller Fall des letzteren, welches deshalb als die allgemeinste und wichtigste Folgerung der gemachten Herleitung erscheint.

Die theoretische Naturwissenschaft wird daher, wenn sie nicht auf halbem Wege des Begreifens stehen bleiben will, ihre Ansichten mit der aufgestellten Forderung über die Natur der einfachen Kräfte und deren Folgerungen in Einklang setzen müssen. Ihr Geschäft wird vollendet sein, wenn einmal die Zurückleitung der Erscheinungen auf einfache Kräfte vollendet ist, und zugleich nachgewiesen werden kann, dass die gegebene die einzig mögliche Zurückleitung sei, welche die Erscheinungen zulassen. Dann wäre dieselbe als die nothwendige Begriffsform der Naturauffassung erwiesen; es würde derselben alsdann also auch objective Wahrheit zuzuschreiben sein.“

Nun wendet sich Helmholtz auf den Rath du Bois' in dem nachfolgenden Schreiben an G. A. Reimer:

Potsdam d. 14. 8. 47.

Euer Wohlgeboren

übersende ich beiliegend das Manuscript einer physikalischen Abhandlung „über die Erhaltung der Kraft“ mit der Anfrage, ob Sie vielleicht geneigt wären, dieselbe in Verlag zu nehmen. Sie würde etwa 3 bis 4 Druckbogen stark

werden, ohne Kupfertafeln, mit verhältnissmässig wenig mathematischem Druck. Gegenstand derselben ist der Versuch, ein bisher nur mit Beschränkungen angewendetes, nothwendiges Grundgesetz der Mechanik ganz allgemein durchzuführen, eine Idee, die in neueren Zeiten von vielen Seiten in Anregung gekommen, aber hier zum ersten Male vollständig ausgeführt ist. Meine Abhandlung, das kurz zusammengedrängte Resultat einer weitläufigen und genauen Durcharbeitung aller Zweige der Physik, hat bisher, so weit ich sie privatim mitgetheilt habe, viel Anerkenntniss gefunden, und es wurde mir gesagt, dass für dieselbe wohl auch ein allgemeines Interesse zu erwarten sei. In dieser Beziehung habe ich von Herrn Professor Magnus in Berlin die Erlaubniss bekommen, mich bei Ihnen auf sein Urtheil beziehen zu dürfen; Sie würden auch von den Herren E. du Bois Reymond und Brücke nähere Auskunft über dieselbe erhalten können. In Bezug auf meine früheren wissenschaftlichen Arbeiten 1) die Inauguraldissertation de fabrica systematis nervosi Evertebratorum, eine mikroscopische Untersuchung, 2) den Aufsatz „über das Wesen der Fäulniss und Gährung“ in Müller's Archiv für Physiologie 1843, S. 451, abgedruckt im Journal für pract. Chemie 1844, Bd. XXXI., S. 429, 3) den Aufsatz „über den Stoffverbrauch während der Muskelaction“ Müller's Archiv 1845, S. 72, 4) den Artikel „thierische Wärme“ in dem encyclopädischen Lexicon der medicinischen Wissenschaften, von der Berliner Facultät herausgegeben, insofern danach meine Befähigung zu wissenschaftlichen Arbeiten vielleicht beurtheilt werden könnte, kann ich mich wohl am besten auf Herrn Professor I. Müller berufen. Ich sehe ein, dass bei den obwaltenden Umständen das Honorar kein Aequivalent für die Arbeit sein könne, welche in den wenigen Bogen steckt, und muss es Ihrer rühmlichst bekannten Liberalität anheimstellen, mir dafür eine so grosse Entschädigung zu Gute kommen zu lassen, als es die Umstände

erlauben. Jedenfalls müsste ich mir daneben noch 15 Freiexemplare bedingen, und bitte, mir diejenigen, welche ich etwa noch weiter brauchen sollte, mit dem üblichen Buchhändlerrabatt zu überlassen.

Dr. H. Helmholtz
Potsdam, Naunerstr. 58,

und Reimer übernimmt, nachdem sich du Bois bei ihm für den Werth der Schrift verbürgt hatte, mit dankenswerther Bereitwilligkeit den Verlag derselben, lässt sie noch im Jahre 1847 erscheinen, und bewilligt Helmholtz zu dessen grosser Ueberraschung ein buchhändlerisch angemessenes Honorar.

Wie jeder grosse Gedanke, mag er auch durch Forschungen auf verschiedenen Gebieten vorbereitet und in unbestimmten Umrissen von tief angelegten speculativen Köpfen geahnt und ausgesprochen sein, wenn er plötzlich in fester und concreter Form in die Welt tritt, auf der einen Seite Zweifel an der Richtigkeit desselben hervorruft, auf der anderen Seite, falls die Grösse und Wichtigkeit der Entdeckung erkannt wird, in seiner Neuheit bezweifelt und in seiner Priorität bestritten wird, so erging es auch dem Helmholtz'schen Princip von der Erhaltung der Kraft. Während die jüngeren Physiker und Physiologen Berlins unter Führung du Bois' das Erscheinen der Arbeit mit Begeisterung begrüssten, und Helmholtz zu seiner grossen Freude von hoher militärischer Seite die wärmsten Lobsprüche „für die wichtige praktische Richtung, die er seinen Studien zu geben gewusst habe", gespendet wurden, verhielten sich die älteren Naturforscher fast sämmtlich abwehrend gegen die in der Arbeit ausgesprochenen Gedanken, und zwar sonderbarer Weise in der Befürchtung, dass die in derselben niedergelegten Speculationen wieder die Phantasien der Hegel'schen Naturphilosophie aufleben lassen könnten, gegen die sie so lange und endlich siegreich den Kampf geführt. Nur einer, und neben Joh. Müller wohl

der genialste Denker unter den damaligen Naturforschern, der Mathematiker Joh. Jac. Jacobi, der vermöge der tiefen Studien, die er damals über die Principien der Mechanik angestellt, den engen Zusammenhang der Helmholtz'schen Forschungen mit den Arbeiten der grossen französischen Mathematiker des vorigen Jahrhunderts klar erkannte, trat trotz der Bedenken seiner ausgezeichneten Collegen Lejeune-Dirichlet und Eisenstein ohne Scheu für die Bedeutung der Helmholtz'schen Arbeit ein, und gerade dies gab ihrem Verfasser Zuversicht und Selbstvertrauen. Während er ursprünglich in seiner Abhandlung nur eine kritische Untersuchung und Ordnung der Thatsachen im Interesse der Physiologen geben wollte und von den Physikern höchstens den Vorwurf erwartete, dass der junge Mediciner ihnen Wohlbekanntes als etwas Neues darbieten wolle, gelangte er jetzt bei dem überall hervortretenden Widerspruch zur Ueberzeugung, dass er ein umfassendes Princip der Naturforschung zum ersten Male klar ausgesprochen, und von jeder Verbindung mit unbestimmten philosophischen und speculativen Reflexionen gereinigt und losgelöst habe.

Helmholtz hatte in den nur auf Grund der einfachsten naturwissenschaftlichen Anschauungen geführten Discussionen über das Perpetuum mobile, denen er häufig in seinem elterlichen Hause beizuwohnen Gelegenheit hatte, einen überzeugenden Beweis von der Unmöglichkeit desselben nicht finden können und nahm deshalb noch als Eleve des Friedrich-Wilhelms-Instituts zu den in der Bibliothek desselben vorhandenen Werken von Daniel Bernouilli, d'Alembert und anderen Mathematikern des 18. Jahrhunderts seine Zuflucht, welche streng und allgemein gezeigt hatten, dass wenigstens durch Benutzung rein mechanischer Kräfte ein Perpetuum mobile nicht erzeugt werden könne. Wie das Räderwerk einer Uhr keine Arbeitskraft hervorbringen kann, die ihm nicht mitgetheilt wird, sondern nur die mitgetheilte auf eine längere Zeit gleichmässig vertheilt,

so erzeugen auch, wie jene grossen Forscher durch streng mathematische Schlüsse für alle reinen Bewegungskräfte nachgewiesen haben, unsere Maschinen und Apparate aus sich keine Triebkraft, sondern geben nur die Arbeitskraft, welche ihnen allgemeine Naturkräfte mitgetheilt haben, in anderer Form wieder aus.

Aber die Frage, welche den Fortschritt der neueren Physik bildet, blieb eine offene, ob nicht ein Perpetuum mobile möglich sei für das grosse Gebiet anderer Naturkräfte, welche nicht zu den reinen Bewegungskräften gerechnet werden, Wärme, Elektricität, Magnetismus, Licht, chemische Verwandtschaftskräfte, die doch alle in den mannigfaltigsten Beziehungen zu den mechanischen Vorgängen stehen, indem fast bei jedem Naturprocesse mechanische Wirkungen vorkommen und mechanische Arbeit gewonnen wird.

Die medicinischen Studien Helmholtz' und seine Kenntniss der biologischen Seite der Naturerscheinungen hatten ihn zunächst zur Behandlung der Frage nach der Existenz eines Perpetuum mobile für diejenigen Erscheinungen geführt, mit deren Untersuchung er sich schon vom Jahre 1841 an beschäftigte. So wurde ihm bereits bei seinen ersten selbständigen Arbeiten im letzten Studienjahre immer klarer, dass G. E. Stahl, wenn er auch die physikalische und chemische Natur der Kräfte der Organe und Stoffe, die im lebenden Körper wirken, erkannte, doch eine Lebenskraft annahm, welche die Wirksamkeit dieser Kräfte zu binden und zu lösen im Stande sei, und dass dessen Theorie in Wirklichkeit jedem lebenden Körper die Natur eines Perpetuum mobile beilegte. Er charakterisirte später die Stahl'sche Lebensseele als „im Ganzen nach dem Vorbilde dargestellt, wie sich die pietistischen Gemeinden jener Zeit die sündige menschliche Seele dachten; sie ist Irrthümern und Leidenschaften, der Trägheit, Ungeduld, Trauer, Unbedachtsamkeit, Verzweiflung unterworfen".

Nachdem ihn nun seine physiologischen Untersuchungen immer wieder darauf geführt, dass für die hier in Betracht kommenden Naturkräfte ein Perpetuum mobile nicht existire, und er die Gewissheit gewonnen zu haben glaubte, dass ein solches überhaupt unmöglich sei, kehrte er das bis dahin von den Naturforschern gestellte Problem, die Beziehungen zwischen den Naturkräften zu benutzen, um ein Perpetuum mobile zu construiren, um und fragte sich, welche Beziehungen müssen zwischen den Naturkräften bestehen, wenn ein Perpetuum mobile unmöglich sein soll — eine Umkehrung der Problemstellung, die freilich schon vor ihm, wenn auch weniger allgemein und weniger klar bewusst, für die Wärme Robert Mayer und Colding, deren Untersuchungen er gar nicht kannte, und Joule, dessen Versuche ihm erst am Ende seiner Arbeit bekannt wurden, vollzogen hatten. Helmholtz fand, dass alle bekannten Beziehungen der Kräfte sich den Folgerungen der Annahme von der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile fügen, ermittelte eine Reihe noch unbekannter, deren thatsächliche Richtigkeit zu prüfen war, und suchte sämmtliche Beziehungen zwischen den verschiedenen Naturprocessen zu ermitteln, welche aus der angegebenen Betrachtungsweise zu folgern waren. Es ergab sich das Resultat, dass es durch die ganze Reihe der Naturprocesse keinen Cirkelweg giebt, um ohne entsprechenden Verbrauch mechanische Kraft zu gewinnen, es kann die Menge der Arbeitskraft, wie die Untersuchung zeigte, wohl für die Zwecke unserer Maschinen, aber nicht für das Naturganze verloren gehen, „das Naturganze besitzt einen Vorrath wirkungsfähiger Kraft, welcher in keiner Weise weder vermehrt noch vermindert werden kann, die Quantität der wirkungsfähigen Kraft ist in der unorganischen Natur ebenso ewig und unveränderlich wie die Quantität der Materie“, deren Constanz schon ein halbes Jahrhundert vorher als Fundamentalprincip der Chemie von Lavoisier erkannt war.

Dieses allgemeine Gesetz nannte Helmholtz das Princip von der Erhaltung der Kraft und sprach damit aus, dass jede Umwandlung der Kraft in genau abmessbaren quantitativen Verhältnissen vor sich geht, gleichgültig, ob die Form der Kraft sich als lebendige Kraft der Bewegung, elektrische und magnetische Energie oder Wärme kundgiebt, woraus sich wiederum umgekehrt die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile ergab.

Und um das Eintreten etwa noch unbekannter Naturkräfte mit in den Kreis seiner Betrachtungen zu ziehen, erklärte er mit der dem grossen Naturforscher eigenen Vorsicht, dass die Richtigkeit des von den hervorragenden französischen Mathematikern für mechanische Kräfte gefundenen Gesetzes von der Constanz der Summe der lebendigen Kräfte und der von ihm sogenannten Spannkräfte oder der actuellen und potentiellen Energie den höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit für sich hat, insofern es keiner der bisher bekannten Thatsachen der Naturwissenschaften widerspricht, von einer grossen Anzahl derselben aber in einer auffallenden Weise bestätigt wird. Er prüft die Kraftäquivalente der Wärme, der elektrischen Vorgänge, des Magnetismus und Elektromagnetismus, und nachdem er dafür das Gesetz überall bewahrheitet gefunden hat, wendet sich der Physiologe noch den Naturprocessen der organischen Wesen zu und zeigt, dass sich hier die Frage nach der Erhaltung der Kraft darauf reducire, ob die Verbrennung und Umsetzung der zur Nahrung dienenden Stoffe eine gleiche Wärmequantität erzeuge, als die Thiere abgeben, eine Frage, deren Entscheidung den Gegenstand seiner in Potsdam schon seit einigen Monaten wieder aufgenommenen Untersuchungen bildete.

„Ich habe mich bemüht“, sagt er am Schlusse jener wunderbaren Arbeit, „die Folgerungen möglichst vollständig aufzustellen, welche aus der Combination des besprochenen Gesetzes mit den bisher bekannten Gesetzen der Natur-

erscheinungen sich ergeben, und welche ihre Bestätigung durch das Experiment noch erwarten müssen. Der Zweck dieser Untersuchung, der mich zugleich wegen der hypothetischen Theile derselben entschuldigen mag, war, den Physikern in möglichster Vollständigkeit die theoretische, praktische und heuristische Wichtigkeit dieses Gesetzes darzulegen, dessen vollständige Bestätigung wohl als eine der Hauptaufgaben der nächsten Zukunft der Physik betrachtet werden muss."

Zur Zeit, als Helmholtz in die Entwickelung der Naturwissenschaften einzugreifen begann, galt für alle Naturforscher bereits das bei jedem Wechsel der belebten und unbelebten Natur gültige Gesetz von der Unveränderlichkeit der Stoffe mit ausnahmsloser Nothwendigkeit, nach welchem die Elemente die Art ihrer Vertheilung im Raume ändern können, aber in ihren Eigenschaften unveränderlich bleiben. Das grosse Gesetz von der Erhaltung der Kraft, welches Helmholtz jenem Naturgesetze zur Seite stellte und welches ausspricht, dass alle Kräfte nach dem Maasse der mechanischen Kräfte zu messen, und alle Elementarkräfte Bewegungskräfte seien, stellt es als Endziel der Naturwissenschaften hin, sich in Mechanik aufzulösen.

Lediglich mit den literarischen Hülfsmitteln ausgerüstet, welche ihm während seines Aufenthaltes in Potsdam die Gymnasialbibliothek bieten konnte, und ohne Kenntniss der im Jahre 1842 in Wöhler's und Liebig's „Annalen der Chemie" erschienenen, ebenfalls von Poggendorff zurückgewiesenen, neun Druckseiten langen Notiz von Robert Mayer „Ueber die Kräfte der unbelebten Natur" und dessen 1845 erschienener Abhandlung über „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel" hatte Helmholtz im Wesentlichen schon in den Jahren 1843 und 1844 seine Arbeit vollendet, in deren Inhalt Kirchhoff 20 Jahre später die wichtigste Erkenntniss preist, die in unserem Jahrhundert auf dem Gebiete der Naturwissen-

schaften gewonnen worden, und von der Hertz, der grosse Schüler Helmholtz', sagt, „dass die Physik am Ende unseres Jahrhunderts einer völlig neuen Denkweise ihre Vorliebe zugewandt hat, und beeinflusst von dem überwältigenden Eindrucke, welchen die Helmholtz'sche Entdeckung von der Constanz der Energie der Physik gemacht, es nunmehr liebt, die Rückführung der Erscheinungen auf die Gesetze der Energieverwandlung als ihr letztes Ziel zu behandeln".

Während nun die jüngere Generation der Naturforscher die grosse Bedeutung der Arbeit von Helmholtz sogleich erkannte, die älteren Physiker aber sich dagegen ablehnend verhielten, weil, wie es Helmholtz sich in einem zehn Jahre später an A. Fick gerichteten Briefe zu erklären suchte, „die Naturforscher theoretische Ansichten und Analysen nur von Jemand willig aufnehmen, der entweder schon als grosser Mathematiker oder aber als Experimentator bekannt ist", waren die Angriffe derer gegen Helmholtz auch noch lange nachher besonders erbittert, die als letzte Stützen der Hegel'schen Naturphilosophie gerade im Gegensatz zu den Gründen, welche die älteren Physiker dagegen vorbrachten, das Gesetz von der Erhaltung der Kraft als eine Erkenntniss a priori feiern wollten. Mit steigendem Unbehagen sahen sie, dass Helmholtz in dieser Arbeit, sowie überall, so oft er später mit erkenntnisstheoretischen Fragen in Berührung kam, „alles, was sich noch von Nebeln eines falschen scholastischen Rationalismus vorfand, zu zerstreuen" sich bemühte und die inductive Methode aller Erfahrungswissenschaften stets als die unverrückbare Basis der naturwissenschaftlichen Forschung bezeichnete.

Von noch anderer Seite aber wurde die Wichtigkeit dieses grossen Gesetzes zwar zugegeben, jedoch Helmholtz das Verdienst abgesprochen, dasselbe gefunden zu haben; er sollte es dem Heilbronner Arzt Julius Robert Mayer entlehnt haben, der bereits eine Darstellung in ähnlichem Sinne

gegeben und auch schon das mechanische Wärmeäquivalent bestimmt hatte.

„Diese Anklage", sagt du Bois, „hat sich, wie der Ruhm der Helmholtz'schen Abhandlung, bis auf den heutigen Tag erhalten und wird von denen, die es lieben, das Strahlende zu schwärzen, gern geglaubt."

Was nun die Priorität der Helmholtz'schen Entdeckung angeht, so hat er später, nachdem er die Schriften Robert Mayer's kennen gelernt, jede Gelegenheit, über die Entdeckung des Gesetzes der Erhaltung der Kraft sich zu äussern, dazu benutzt, um ausdrücklich hervorzuheben, dass Mayer es war, der zuerst die Ueberzeugung von der Unzerstörbarkeit und Unvermehrbarkeit der im Weltall vorhandenen Vorräthe von wirkungsfähiger Triebkraft ausgesprochen und diese Anschauung in dem Gesetze formulirt hat, welches er als das der Aequivalenz der Wärme und Arbeit bezeichnete. Ganz unabhängig aber von Mayer hatte schon der englische Ingenieur Joule ausgedehnte Versuchsreihen angestellt, um die Aequivalenz zwischen Wärme und Arbeit thatsächlich festzustellen, und es war schon deshalb von denen, „welche auf dem Gebiete der Naturforschung mehr Gewicht auf die Thatsachen als auf das Aussprechen allgemeiner Gedanken legen", eine heftige Polemik gegen die Priorität Mayer's entstanden.

Helmholtz selbst hat in seiner Schrift und später immer wieder, so oft er auf dieselbe zu sprechen kam, erklärt, dass in seinen Augen die Arbeit, die er damals unternahm, eine rein kritische und ordnende war, deren Hauptzweck nur sein konnte, eine alte, auf inductivem Wege erwachsene Ueberzeugung an dem neu gewonnenen Material zu prüfen und zu vervollständigen. Wenn ein Gesetz für die ganze ungeheure Mannigfaltigkeit sämmtlicher Naturprocesse im ganzen Weltall gelten soll, so genügt es seiner Ansicht nach nicht, wie Mayer es gethan, dasselbe einfach zu verkündigen, sondern es muss die Ueberzeugung von einem

hinreichenden Grade der Wahrscheinlichkeit dieses Gesetzes hervorgerufen werden, damit von den Naturforschern die weitere Entscheidung im Auge behalten werde.

„Es fiel damals noch viel mehr, als es vielleicht heute der Fall sein würde, das Hauptgewicht darauf, von Anfang bis Ende klar zu halten, dass es sich um ein Gesetz der Thatsachen handle, abstrahirt aus Thatsachen, und weiter zu prüfen an Thatsachen.“

Es ist stets von Helmholtz anerkannt worden, dass man später zur Ueberzeugung gelangen musste, nachdem das Gesetz von der Erhaltung der Kraft sich Bahn gebrochen und seine Richtigkeit allgemein zugestanden worden, dass Mayer im Jahre 1842 die Erkenntniss von dem Sinne und der allgemeinen Geltung dieses Gesetzes gewonnen hatte, gleich wie schon Faraday eine instinctive Vorahnung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft geleitet haben müsse, längst ehe Joule diesem Gesetze scharfe wissenschaftliche Fassung gegeben und die wesentlichste Lücke in dem empirischen Beweise desselben ausgefüllt hatte.

Aber diese Erkenntniss erlangte Mayer in ihrer Allgemeinheit nicht durch wissenschaftliche Methoden; nachdem sich die Wahrnehmungen, die schon viele vor ihm gemacht hatten, in seinem Geiste geordnet, war „der schöpferische Gedanke plötzlich da, nicht als eine bewiesene Wahrheit, sondern als ein Problem, über dessen Richtigkeit noch die Thatsachen befragt werden sollten“. Er war weit davon entfernt, wie Helmholtz es gethan, die Richtigkeit des von ihm gewissermaassen durch Inspiration und eine gewisse künstlerische Thätigkeit seines Geistes angeschauten Gesetzes oder vielmehr der Folgerungen aus diesem Gesetze an allen damals bekannten Naturprocessen zu prüfen; es waren auch in der That ganz andere und tiefere mathematische Kenntnisse nöthig, um das eigentliche Wesen des Gesetzes zu erkennen, als es diejenigen waren, über welche Mayer verfügte.

Helmholtz gab durch seine Entdeckung den Anstoss zu der ganzen späteren Entwickelung der mathematischen Physik, indem er durch streng mathematische Betrachtungen nachwies, dass, so oft Naturkörper auf einander wirken, vermöge anziehender oder abstossender Kräfte, welche von der Zeit und Geschwindigkeit unabhängig sind, die Summe der lebendigen und Spannkräfte eine constante ist; dass aber, wenn die Kräfte von der Zeit und Geschwindigkeit abhängen oder nach anderen Richtungen wirken als nach der Verbindungslinie je zweier wirksamer materieller Punkte — vorausgesetzt, dass Gleichheit der Action und Reaction statthat — im Allgemeinen Zusammenstellungen solcher Körper möglich sind, in denen entweder in das Unendliche Kraft verloren geht oder gewonnen wird. In diesem Sinne sagt unter der Bezeichnung jener Kräfte als conservativer das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nichts anderes aus, als dass alle elementaren Naturkräfte conservativ sind.

Dem jugendlichen Forscher waren die Untersuchungen der grossen französischen Mathematiker auf dem Gebiete der Mechanik wohl bekannt, und es handelte sich für ihn nicht um eine neue Induction, sondern nur um die letzte Präcisirung und vollständige Verallgemeinerung jener längst entstandenen inductiven Ueberzeugung, dass alle elementaren Kräfte conservative seien. Gleiches hatten nach Helmholtz' Ansicht jene grossen Forscher gewiss auch vermuthet, aber, weil nicht bewiesen, auch nicht ausgesprochen, weil sie sich „die besondere Aufgabe gestellt, die Menschheit von dem falschen Rationalismus der Scholastik zur strengen Schätzung der Thatsachen zu erziehen“. Helmholtz hat seinen Satz das Gesetz „von der Erhaltung der Kraft“ genannt, um ihn als Erweiterung des längst bekannten Princips von „der Erhaltung der lebendigen Kraft“ zu charakterisiren, und seine Beziehung zu der alten Frage von der Möglichkeit eines Perpetuum mobile klar zu stellen.

Gerade dadurch, dass Mayer den Begriff der Kraft aus

der Mechanik herausschaffen wollte, und dafür dasjenige Kraft nannte, was man bisher als das Product aus Kraft und Weglänge oder als Arbeit bezeichnete, verdunkelte er schon die Bedeutung des längst bekannten Satzes von der Erhaltung der lebendigen Kraft und verhinderte die strenge mathematische Formulirung des von ihm geahnten Gesetzes. Helmholtz dagegen wählte, um sich der Bezeichnung des von Leibniz herrührenden Namens der Quantität der lebendigen Kräfte anzuschliessen, welche das Arbeitsäquivalent der Geschwindigkeit der bewegten Massen ausdrückt, den Namen „Quantität der Spannkräfte" für jenes Product, und indem er dadurch den Arbeitswerth derjenigen Kräfte darstellte, die zunächst noch in dem Streben bestehen, Bewegung hervorzubringen, verband er die actuelle mit der potentiellen Energie, deren Summe auch für alle Umwerthungen constant sein sollte.

In dieser Auffassung und Präcisirung gehört der völlig neue Begriff von dem Arbeitsvorrath des Weltalls Helmholtz allein an; er wurde hingestellt „als eine Grösse unzerstörbar und unvermehrbar wie eine Substanz, im Raume wirkend und doch nicht mit dem Raume theilbar, wie eine materielle Substanz es sein würde, weil jede Theilung des Raumes den Theil der Spannkräfte nicht mit betreffen würde, die zwischen diesseits und jenseits der Trennungsfläche gelegenen Massen bestehen" — Anschauungen, die der heutigen Naturwissenschaft so geläufig sind, und die lediglich in jener grossen Arbeit von Helmholtz und in den herrlichen und bahnbrechenden Untersuchungen von W. Thomson wurzeln.

Noch 20 Jahre später nimmt Helmholtz wiederum die Gelegenheit wahr, auch Joule gegenüber die Priorität für die Conception jenes genialen Gedankens von der Erhaltung der Kraft Robert Mayer zuzuschreiben. In einem Briefe an Tait bei Gelegenheit eines Prioritätsstreites betreffs der Beziehung zwischen Absorption und Ausstrahlung, tritt er auf die Seite Kirchhoff's, der das Gesetz zuerst streng

formulirt und dadurch die grossartigen Entdeckungen, welche sich daran geknüpft, möglich gemacht hat, und hebt hervor, dass die Entdeckungen von Kirchhoff in diesem Felde als einer der lehrreichsten Fälle in der Geschichte der Wissenschaft erscheinen, weil viele Forscher schon vorher dicht am Rande derselben Entdeckungen gewesen waren, aber die Entwickelung der gesammten Spectralanalyse erst dadurch möglich geworden, dass Kirchhoff in seinem theoretischen Beweise diejenigen allgemeinen Eigenthümlichkeiten der Wärme bestimmt hat, welche als Grundlage des Beweises benutzt wurden, — und nun präcisirt er klar und deutlich die Stellung Mayer's zu Joule und damit auch mittelbar zu sich:

„R. Mayer war nicht in der Lage, Versuche anstellen zu können, er wurde von den ihm bekannten Physikern zurückgewiesen, er konnte kaum Raum für die Veröffentlichung seiner ersten zusammengedrängten Darstellung finden; ..... obgleich Niemand leugnen wird, dass Joule viel mehr gethan hat als Mayer, und dass in des letzteren ersten Abhandlung viele Einzelheiten unklar sind, so glaube ich doch, muss man Mayer als einen Mann betrachten, welcher unabhängig und selbständig diesen Gedanken gefunden hat, der den grössten neueren Fortschritt der Naturwissenschaften bedingte, und sein Verdienst wird jedenfalls dadurch nicht geringer, dass gleichzeitig ein Anderer in einem andern Lande und Wirkungskreise dieselbe Entdeckung gemacht und sie nachher freilich besser durchgeführt hat als er.“

Robert Mayer selbst war weit entfernt, der grossen Arbeit von Helmholtz gegenüber etwa Prioritätsansprüche erheben zu wollen, und die Innsbrucker Naturforscherversammlung im Jahre 1868, auf welcher Helmholtz klar und unzweideutig die Priorität von Mayer anerkannte da, wo sie anzuerkennen war, vereinte die beiden ausgezeichneten Männer in bestem Einvernehmen.

„Die Abende", schreibt Pfaundler, bei dem Helmholtz damals wohnte, „wurden zu einem Sammelpunkte hervorragender Physiker, die sehr zahlreich vertreten waren, z. B. Dove, Beetz, Wüllner u. A. Aber auch J. R. Mayer war hier und nahm an den Abenden Theil. Bei der ersten allgemeinen Sitzung, die im Theater stattfand, sprach Helmholtz die bekannte Rede über die Ziele der Naturwissenschaften, und Mayer hielt den in seinen gesammelten Schriften enthaltenen Vortrag. Helmholtz hat mir am Abend vorher gesagt, er wolle sich früher zurückziehen, da er ja noch nichts für seinen morgigen Vortrag gearbeitet habe. Er hatte also nur ein paar Stunden für denselben zur Verfügung, sprach fast ganz aus dem Stegreif. Da später von gewisser Seite der Vorwurf erhoben wurde, dass J. R. Mayer von Helmholtz nicht genügend anerkannt worden sei, und dass derselbe die Innsbrucker Versammlung grollend und gekränkt verlassen habe, so habe ich schon früher einmal durch den damaligen Geschäftsführer diese Anklage als gänzlich aus der Luft gegriffen erklären können. Im Gegentheil, Helmholtz sprach mit der grössten Anerkennung über Mayer, und als ich auf die religiös-phantastischen Schlussworte seines Vortrages anspielte, entschuldigte Helmholtz dieselben in wohlwollendster Weise durch den Hinweis auf die Geistesanlagen Mayer's. Es war von ganz anderer Seite, dass Mayer angegriffen wurde. Es war der Physiologe Vogt anwesend, welcher seinerzeit den Passus verbrochen hatte: „Wie die Leber die Galle abscheidet, so das Gehirn die Gedanken." Gegen diese grob materialistische Auffassung waren einige Sätze Mayer's gerichtet, worauf von Seite der Anhänger Vogt's aus der Versammlung einiges Murren gehört wurde, welches aber sofort wieder erlosch, so dass Mayer ruhig weiter sprechen konnte. Dass Mayer nicht grollend abreiste, geht schon daraus hervor, dass er den am Schluss veranstalteten Ausflug nach Bozen mitmachte und daselbst — wir sassen an demselben Tische — mit

grösster Fröhlichkeit an der reichlichen Bewirthung und der dadurch erzeugten Stimmung Theil nahm. Mit keinem Worte erwähnte er irgend einer Verstimmung. . . . . Helmholtz' Aeusserungen über die Frage Joule-Mayer waren schon damals dieselben, wie sie jetzt allgemein in Deutschland gelten, jedem Manne das Seine."

Helmholtz, der durch seine Arbeit über die Erhaltung der Kraft in die erste Reihe der Physiker nicht nur, sondern auch der Physiologen getreten war, welche in diesem Princip ein unschätzbares Mittel zur Bekämpfung der Lebenskraft erblickten, ging nun wieder, um das von ihm aufgestellte Gesetz auch an den Naturprocessen der organischen Wesen zu bewahrheiten, an seine schon früher begonnene Arbeit über die Wärmeentwickelung bei der Muskelaction, deren Resultate er noch im November 1847 der Physikalischen Gesellschaft vorlegte und im folgenden Jahre in Müller's Archiv veröffentlichte.

In dieser Arbeit, welche als ein Muster angesehen wird für die Anwendung der feinsten physikalischen Methoden auf physiologische Untersuchungen, suchte er zu entscheiden, ob die schon früher gefundene Temperaturerhöhung der Muskel während ihrer Thätigkeit in der Substanz der Muskel selbst stattfinde in Folge von Processen in ihnen, welche den veränderten Gleichgewichtszustand während ihrer Verkürzung bedingen, oder ob dieselbe nur eine Folge des vermehrten Zuflusses von arteriellem Blute sei. Während früher die Temperaturbestimmungen an thierischen Theilen auf thermoelektrischem Wege mit nur einem Becquerel-schen Elemente angestellt wurden, benutzt er eine dreigliedrige Eisen-Neusilbersäule mit dreifacher elektromotorischer Kraft des Stromes, und findet durch die feinsten Messungen und die Anwendung der sinnreichsten Einrichtungen zur Ausschliessung jeder sonstigen Temperaturerhöhung an abgeschnittenen, also dem Blutumlauf entzogenen Schenkeln von Fröschen eine nur von Molecular-

processen herrührende Temperaturerhöhung, wenn er durch einen zu seinem Zwecke abgeänderten Neef'schen Elektromotor vom Rückenmark des Frosches aus eine Contraction des einen Oberschenkels hervorbrachte. Die Contractionswärme zeigte sich also in der That in der Muskelsubstanz entwickelt, während der Versuch, eine Erwärmung der Nerven nachzuweisen, während sie die Reizung vom Rückenmark zu den Muskeln leiten, nur ein negatives Resultat gab. Die gewonnenen Ergebnisse waren als eine Verificirung seines grossen Gesetzes zu betrachten, ohne dass jedoch die Untersuchungen als abschliessend gelten konnten.

Das Ende des Jahres 1847 benutzte er zwar vielfach zu schwierigen theoretischen Studien, von denen mannigfache Ausarbeitungen rein mathematischer Untersuchungen berühmter Autoren in seinem Nachlass Zeugniss ablegen, war jedoch durch seine ärztliche Thätigkeit mehr, als er wünschte, in der freien Verfügung über seine Zeit gehindert, bis mit Beginn des Jahres 1848 eine glückliche Wendung seinen Lebensweg völlig anders gestaltete.

Sein Freund Brücke, welcher Lehrer der Anatomie bei der Akademie der Künste und Assistent an der anatomisch-zootomischen Sammlung war, erhielt einen Ruf als Burdach's Nachfolger für die Professur der Physiologie und allgemeinen Pathologie in Königsberg, und die nächste Anwartschaft auf die nunmehr frei gewordene Stelle in Berlin als Nachfolger Brücke's gebührte dessen intimem Freund und Altersgenossen du Bois, der zwei Jahre älter war als Helmholtz. Da aber die Vermögensverhältnisse du Bois' es ihm möglich machten, ohne praktischen Zielen zuzueilen, seinen thierisch-elektrischen Untersuchungen sich längere Zeit noch ganz widmen zu können, so trat er zu Gunsten seines jüngeren Freundes als Bewerber um die Stelle an der Kunstakademie zurück, und es wurde mit Brücke verabredet, Helmholtz für dieselbe vorzuschlagen.

Nachdem dieser am 18. Januar 1848 an den Minister

die Bitte gerichtet, ihm die Stellung als Lehrer der Anatomie an der Kunstschule der Akademie zu Berlin und diejenige als Assistent am anatomischen Museum ebendaselbst zu übertragen, „welche beide dem Vernehmen nach durch die Berufung des Herrn Dr. Brücke zur Universität Königsberg erledigt seien“, giebt Johannes Müller am 6. Mai 1848 auf Aufforderung des Ministers das folgende Gutachten ab:

„Dr. Helmholtz hat sich bereits durch seine Inauguralschrift von 1842 als begabt und talentvoll zu erkennen gegeben. Seit dieser Zeit hat er in verschiedenen Schriften und Abhandlungen, die in seiner Eingabe namentlich aufgeführt sind, seine Anlage weiter documentirt. Er giebt sich darin als einen anatomisch-physiologischen Beobachter von grosser Geschicklichkeit und sehr vielseitiger Bildung zu erkennen, von dem die Wissenschaft noch grosse Leistungen zu erwarten hat. Unter den talentvollen Männern, welche für das Feld der Anatomie und Physiologie hier ihre Bildung erhalten haben, und welche zum Theil bereits Lehrstühle an Universitäten des Auslandes und Inlandes einnehmen, ist Helmholtz eines der selteneren grossen Talente, die ich vorzugsweise auszeichne. Seine Bildung und seine Kräfte sind nach mehreren Richtungen zugleich ausgezeichnet. Denn was in Beziehung auf seine anatomisch-physiologischen Arbeiten anerkennend gesagt worden, würde in gleicher Weise auch von seinen physikalischen Studien und seinen tiefgehenden mathematischen Kenntnissen zu wiederholen sein.

Unter diesen Umständen würde ich jede Gelegenheit ergreifen, welche dem Dr. Helmholtz gestattete, sich ganz der wissenschaftlichen Laufbahn zu widmen, da ich es mir immer zur Aufgabe gemacht habe, junge Männer von solchen Anlagen auf jede Art zu fördern. Zum Lehrer der Anatomie für Künstler ist Helmholtz sowohl durch seine gründlichen anatomischen Kenntnisse als seine vielseitige

Bildung vorzüglich geeignet, und ist er derjenige, den ich am meisten dazu empfehlen kann.

Was die Stelle des Assistenten beim anatomischen Museum betrifft, welche in Verbindung mit der Lehrerstelle bei der Akademie der Künste zusammen den Helmholtz bestimmen wird, seine bisher in der militärärztlichen Laufbahn erworbenen Vortheile aufzugeben, so habe ich allerdings auch die Absicht, den Helmholtz zu der genannten Assistentenstelle beim hohen Ministerium vorzuschlagen; diese Stelle ist jedoch noch nicht erledigt, sondern es steht ihre Erledigung erst bei der Zurückkunft des bisherigen Gehülfen Dr. Peters von seiner Reise bevor. . . . ."

Auf Grund dieser Empfehlung wurde Helmholtz aufgefordert, am 19. August 1848 vor dem Senat und den Lehrern der Akademie eine Probevorlesung zu halten, von welcher sich die Ausarbeitung des wahrscheinlich weitaus grössten Theiles in seinem Nachlass vorfand und den folgenden Wortlaut besitzt:

„Ich werde versuchen, in dem Vortrage, welchen ich hier zu halten die Ehre haben werde, zu entwickeln, welche Gesichtspuncte bei dem Unterricht in der Anatomie für Künstler mir hauptsächlich in das Auge zu fassen nöthig scheinen, und welche Methode demgemäss darin zu verfolgen ist. Ich muss dabei von vorn herein die Nachsicht der verehrten Versammlung in Anspruch nehmen, weil ich sehr wohl fühle, wie verschiedenartige Fähigkeiten und Kenntnisse derjenige in sich vereinigen muss, welcher bei diesem Unterrichte seine Stelle vollständig ausfüllen will, wie schwierig die Behandlung gerade dieser Wissenschaft ist, wenn sie aus der trocknen und oft unfruchtbaren Form eines massenhaften Gedächtnisswerkes zu einem lebendigen Bilde erhoben werden soll, um ihre Anwendung in der Kunst zu finden.

Der dabei zu erstrebende Zweck ist ein so eigenthümlicher, so total abweichend von dem, was sonst bei dem

Unterricht in der Anatomie erstrebt wird, dass ich wohl glaube aussprechen zu dürfen, die wenigsten Grundsätze dafür werden sich von vorn herein theoretisch aufstellen lassen, die meisten müssen sich erst durch die Ausübung und durch die Erfahrung des Erfolgs ergeben. Freilich muss sich der angehende Lehrer einen Plan für seinen Unterricht entwerfen, aber von diesem Plane wird vielleicht bei dem Versuche practischer Bewährung nicht viel übrig bleiben.

Die Anatomie, wie sie als strenge Wissenschaft dem Mediciner gelehrt wird, hat einen ganz anderen Zweck, daher auch einen ganz anderen Umfang und eine ganz andere Methode. Sie geht darauf aus, überall möglichst scharfe und abstracte Begriffsbestimmungen aufzustellen; denn der Arzt und Chirurg darf sich nicht an die Anschauung der Theile binden, wie sie sich am gesunden Körper darstellen, ihm kommt es hauptsächlich darauf an, scharfe und einfache Kennzeichen zu finden, die ihn auch dann nicht im Stich lassen dürfen, wo durch Krankheit oder Verletzungen das Ansehen der Theile so zerstört ist, dass sich das ungeübte Auge gar nicht mehr darin zurecht finden kann, daher ist die medicinische Anatomie gerade in ihren wichtigsten Theilen eine Zusammenhäufung trockner, meist schwer im Bilde zu vergegenwärtigender Begriffe, von traurigem Ruhme selbst für das sonst so geduldige Gedächtniss der Mediciner, und die Anschaulichkeit wird fast nur zur Hülfe gezogen, um das Gedächtniss zu unterstützen, während sie umgekehrt dem Künstler das Wesentliche ist. Dem Mediciner ist z. B. an dem einzelnen Muskel ausser den Ansatzpuncten, wonach sich die Wirkung bestimmt, von Wichtigkeit namentlich die Lage von Gefässen und Nerven an oder unter ihm, der Zusammenhang der ihn umgebenden Sehnenhäute, weil sich danach der Abfluss des Eiters bestimmt, u. s. w. Wie der Muskel aussieht, ob er dünn oder dick, rundlich oder platt ist, wie weit er aus Fleisch besteht

und wo seine Sehne anfängt, ob er durch die Haut zu erkennen ist, immer oder nur bei gewissen Bewegungen, ist ihm meist vollständig gleichgültig, während gerade dies dem Künstler das eigentliche Interesse an dem Muskel gewährt.

Die Künstleranatomie unterscheidet sich eben deshalb von der medicinischen nicht nur durch den Umfang, indem sie einen Theil der letzteren umfasst, diesen aber theilweis viel specieller durcharbeiten muss, sondern noch viel wesentlicher durch die Methode.

Wie die Anatomie mit dem Künstler zu betreiben sei, das muss sich am besten entscheiden lassen, wenn wir bestimmen, wozu die Anatomie dem Künstler behülflich sein solle, und wozu sie nöthig sei? Die antiken Künstler haben das Innere des menschlichen Körpers nicht kennen gelernt. Die Alten hatten theils eine natürliche, unüberwindliche Scheu vor der Zergliederung von Leichnamen, theils wurden sie von ihren religiösen Vorstellungen daran gehindert, wonach jede Verletzung des Todten ein schwer zu sühnender Frevel gegen die heiligsten und furchtbarsten Gesetze der Götter war. Selbst bis weit in das Mittelalter hinein zergliederten auch die Aerzte nie menschliche Leichen, sondern höchstens Affen. Der Mediciner mag allenfalls aus der Zergliederung dieses menschenähnlichen Thieres das nothwendigste entnehmen können, und doch finden sich auch bei den berühmtesten medicinischen Schriftstellern des Alterthums, z. B. Galen, einige anatomische Angaben, welche für den Menschen unrichtig sind und nur für den Affen zutreffen. Den Künstlern würde dieses Surrogat der menschlichen Anatomie doch von keinem Nutzen haben sein können, sie blieben beschränkt auf die sorgfältigste Beobachtung der Oberfläche des Körpers, höchstens blieb es ihnen überlassen, wenn sie bei Thieren Knochen, Muskeln und Sehnen in ihrer Verbindung kennen gelernt hatten, dieselben beim Menschen so gut es ging durch die Haut hindurch mit Auge und Tastsinn sich aufzusuchen und ihre Gestalt zu erforschen.

Und doch trotz dieser beschränkten Hülfsmittel diese wunderbare Vollendung in den Kunstwerken des Alterthums, nicht nur die genaueste Kenntniss der ruhenden Form, mit dem empfindlichsten Schönheitssinn in allen Verhältnissen nachgeahmt, sondern auch die feinste Berücksichtigung des lebendigen Muskelspiels in den Bewegungen. Die Kenntniss der menschlichen Leibesformen ist bei den Alten eine so vollkommene, dass sie dieses ihr Darstellungsobject mit der bewunderungswürdigsten Freiheit zu beherrschen und zu vergeistigen wissen, eine Freiheit, wie sie in der neueren Kunst nur zu oft vergebens angestrebt, und nur von wenigen Lieblingen des Genius erreicht worden ist.

Man sollte fast fragen, wozu überhaupt Anatomie, wenn die höchste Entwickelungsstufe der Sculptur ohne Anatomie erreicht werden konnte? Wozu etwas weiteres studiren als die Oberfläche, da die Kunst ja weiter nichts in die Erscheinung zu bringen hat als die Oberfläche? Hierauf ist einmal zu erwidern, dass selbst an diesen Werken des wunderbarsten Nachahmungstalentes, des ausgebildetesten Schönheitssinnes und wahrscheinlich auch des eisernsten Fleisses doch nicht wenige kleinere Fehler vorkommen, welche ein guter Kenner der Anatomie selbst bei geringerer Geschicklichkeit, als sie der bildende Künstler besass, zu umgehen gewusst haben würde. Ein Muskel z. B. zeichnet sich oft nur durch eine geringe Wölbung ab, eine kleine Verstärkung oder Verschiebung dieser Wölbung kann aber in manchen Fällen eine anatomische Widersinnigkeit hervorbringen, in welchen Fehler auch der geschickteste Nachahmer ohne Kenntniss der Bedeutung dieser Wölbung leicht verfallen kann, während sie derjenige, der sich die Lage der Muskeln an der Figur durchdenkt, leicht auffindet. Es wäre widersinnig, hier viele Beispiele anzuführen, ohne die Statuen vor uns zu haben; ich will nur, um mich verständlicher zu machen, ein Beispiel anführen, hergenommen von einer wohlbekannten und nicht unedel gearbeiteten Statue eines

griechischen Redners, gewöhnlich als die des Germanicus bezeichnet, welche aus der nachalexandrinischen Zeit der griechischen Kunst herrührt von dem jüngeren Cleomenes. An derselben ist die Schenkelbeugung des lose stehenden Beins so vertieft, dass die Streckmuskeln des Unterschenkels (m. rectus femoris u. sartorius), welche darunter hingehn, und die man am Lebenden hier dicht unter der Haut fühlt, oder etwas heraustreten sieht, keinen Platz haben. An einem schiessenden Apoll des Berliner Museum findet sich der hintere Theil des Deltamuskel so gebildet, als läge sein Ansatz quer gegen die Leiste des Schulterblatts, während er doch an ihr entlang läuft.

Nun werfe man mir nicht ein, dass ein solcher Fehler, eben weil er vielleicht nur von dem kritischen Kennerauge bemerkt werde, — würde er leichter bemerkt, so würde ihn der griechische Künstler wohl nicht begangen haben — dass dieser Fehler eben deshalb für den allgemeinen Eindruck der Statue gleichgültig sei, dass es eine Splitterrichterei sei, dergleichen aufzusuchen. Der schaffende Künstler wirft allerdings seine Gestalt hin ohne Berechnung aller Einzelheiten, nur geleitet von dem Sinn für das ideal Schöne, welcher in seiner Brust und in seinem Auge lebt, und ebenso unbewusst um das Einzelne und die Gründe des Einzelnen entzückt sich das Auge des kunstsinnig gebildeten Beschauers vor dem Werke des Künstlers in dem Gefühle harmonischer und lebendiger Schönheit. Aber der Genius des Künstlers ist eben die geheimnissvolle Kraft in ursprünglicher Anschauung und ohne berechnende Reflexion das zu finden und darzustellen, was die nachgrübelnde Reflexion dann auch als das wahre und vollkommene anerkennen und rechtfertigen muss. Und so gewiss das Gemüth des empfänglichen Beschauers desto höher angeregt wird, je reicher und je wahrer der schaffende Künstler den idealen Inhalt seines Werks aufzufassen und wiederzugeben gewusst hat, ebenso sicher wird es auch jeden Mangel in dieser Hinsicht als

eine Beeinträchtigung des Lebens und der Schönheit der Gestalt empfinden, selbst wenn es nicht angeben kann, wo der Fehler liege, und welches seine Ursache sei.

Es ist also einmal nicht zu läugnen, dass der Mangel des anatomischen Studium bei den Alten nicht zuweilen wirklich als ein Mangel in ihren Werken hervortrete, wenn auch übrigens ihr glückliches Talent für Wahrheit und Schönheit ihnen bewundernswerth über die Folgen desselben hinweggeholfen hat. Dann aber ist zu bedenken, dass die Alten eine viel reichere Gelegenheit hatten, ihre Anschauung der menschlichen Körperformen auszubilden, als die moderne Zeit sie darbietet, und dass das Studium dem neueren Künstler die Ausbildung dieser Anschauung zu erleichtern suchen muss. Der Moderne, welcher nur noch im Modellsaale und höchstens in den Badeanstalten Körperformen zu Gesicht bekommt, und auch da selten solche, die trotz des Einflusses der einseitigen und zersplitterten Lebensrichtungen der neueren Civilisation eine harmonische Ausbildung aller Theile und aller Fähigkeiten erlangt hätten, ist offenbar im allergrössten Nachtheil gegen den Antiken, und könnte den Wettstreit mit ihm nur unter ungleichsten Bedingungen beginnen, wenn er nicht andere Hülfsmittel in Anwendung brächte. Hat er doch daneben auch noch den erschwerenden Umstand zu bekämpfen, dass der Sinn seines Publicums aus denselben Gründen für den menschlichen Körper als Darstellungsobject der Kunst unzugänglicher geworden ist. Freilich kann wie alles künstlerische Studium auch das anatomische nicht den Genius des Künstlers ersetzen, weder das Nachahmungstalent noch den Schönheitssinn, sondern es kann ihm nur die Wege ebnen und sein prüfendes Auge schärfen.

Die Frage nach dem Zweck der Anatomie für den Künstler würde sich nun auf die reduciren: Was kann die Kenntniss des inneren Baues des Körpers dem Künstler mehr geben als das Studium der Oberfläche, namentlich das

an lebenden Modellen? Ich halte in dieser Hinsicht folgende Puncte für besonders hervorzuheben:

1) Sie erleichtert die Auffassung der verschiedenartigen Gestaltungen der einzelnen Theile bei verschiedenen Stellungen des Körpers, weil diese verschiedenen Gestaltungen immer auf denselben einen anatomischen Mechanismus zurückgeführt werden; sie erleichtert also dem Künstler seine Thätigkeit auch da, wo er ohne Modell arbeiten muss. (Beispiel hergenommen von den verschiedenen Wölbungen des Oberarms und den verschiedenen Stellungen der Hand bei Drehung des Vorderarms.)

2) Sie lehrt die wesentlichen Züge in der menschlichen Gestalt von den unwesentlichen unterscheiden. Die Vorsprünge und Vertiefungen auf der äusseren Fläche des menschlichen Körpers sind von höchst verschiedener Wichtigkeit, je nachdem sie von Knochenvorsprüngen, Muskeln oder Hautfaltungen herrühren. Selbst dann, wenn sich der Künstler nur die Aufgabe stellen wollte, ein gegebenes Modell möglichst treu nachzuahmen, würde er, wie wir schon oben erwähnt haben, leicht eine vielleicht geringe Wölbung falsch nachahmen können, welche für die anatomische Structur wesentlich ist. Aber der Künstler soll ja gar nicht möglichst treu nachahmen, weil sein Modell immer nur ein in irdischer Unvollkommenheit aufgewachsener, dem Ideal niemals entsprechender Mensch ist, sondern er soll die individuelle Gestalt verändern, bis sie der vollendete Abdruck ihres geistigen Inhalts ist. Gesetzt er hätte einen muskulösen Mann als Modell, und wollte der danach gebildeten Figur ein möglichst eisenfestes und gedrungenes Ansehn geben, etwa einen Hercules daraus bilden, so dürfte er nicht in gleicher Weise Hautfaltungen und Muskelbäusche verstärken, sondern im Gegentheil müsste er erstere verhältnissmässig verringern, um ein strafferes Aussehn hervorzubringen, und umgekehrt wenn er daraus etwa einen Silenus bilden wollte. Auch ist zu berücksichtigen, dass durch Hervor-

hebung der wesentlicheren anatomischen Züge auf Kosten der zufälligen die Gestalt an Klarheit und Einfachheit gewinnt.

3) Endlich können wir an Modellen, welche immer in ihrer Stellung so unterstützt werden müssen, dass sie ohne alle Anstrengung diese Stellung beibehalten können, gar nicht die Formen des bewegten Körpers studiren. Hierher gehört die wichtige Lehre von der Anschwellung der Muskeln bei ihrer Wirksamkeit. Das Modell, selbst wenn wir ihm genau die Stellung gegeben hätten, welche der bewegte Körper in dem abgebildeten Zeitpuncte hat, steht mit erschlafften Muskeln da. Der Künstler muss wissen, welche Muskeln bei der Bewegung schwellen und sich herausheben, wenn sein Bildwerk nicht auch stillzustehen scheinen soll, wie das Modell, statt sich zu bewegen. Und auch wenn er das Modell auf Augenblicke handeln lassen wollte, und im Gedächtniss festhalten, was sich ändert, kann ihm die Kenntniss von dem Zusammengreifen der Muskelparthien nicht vollständig erspart werden, denn der edle, durchgebildete Körper wird sich anders bewegen als der weniger durchgebildete. Jener unterscheidet sich namentlich dadurch, dass er zu jeglicher Bewegung nur so viel Glieder und Muskeln in Bewegung setzt, und nur so stark, als nothwendig dazu gehören, was der Bewegung das Ansehen von Leichtigkeit giebt, während der Ungeschicktere und derjenige, dessen Kräfte nicht ausreichen, heftiger und mit mehr Muskeln gleichzeitig arbeitet.

Daneben dürfen wir aber nie vergessen, dass, wie schon erwähnt, die Anatomie zwar ein Erleichterungsmittel für die genauere Kenntniss der Körperformen ist, aber wie alle anderen Mittel des künstlerischen Studium nie die Anschauung dieser Formen und den künstlerischen Schönheitssinn ersetzen kann. Sie ist ein Mittel, welches dem Künstler die geistige Besiegung der ewig wechselnden Mannigfaltigkeit seines irdischen Objects, der menschlichen Form, erleichtern,

welches ihm den Blick für das Wesentliche der Gestalt schärfen, ihm die ganze Gestalt gleichsam durchsichtig machen, und ihn daneben mit den Hülfsmitteln prüfender Kritik für das geschaffene Werk ausrüsten soll; aber die Kunst möchte ich sagen, geht erst jenseit der Anatomie an; der künstlerische Geist zeigt sich erst in der weisen Anwendung der Formen, deren Zusammenhang und einfache Grundzüge die Anatomie gelehrt hat, in der unterscheidenden Characteristik der Gestalt. Bald lässt der Künstler, wie im Hercules, die Muskeln als starke Ballen unter der Haut liegen, bald namentlich in weiblichen Gestalten ihr Dasein durch eine geringe Vermehrung der Wölbung des Gliedes kaum ahnen, oder wie in Kindern sie ganz unter dem reichlichen Fettpolster der Haut verschwinden, er verändert die normalen Grössenverhältnisse der einzelnen Theile für seine Zwecke, er bestimmt die Stellung und Bewegung derselben. Das Prunken des Künstlers mit anatomischer Wissenschaft in seinen Figuren, wie man es schon dem Michel Angelo und namentlich mit Recht vielen seiner weniger geistvollen Nachahmer vorgeworfen hat, ist ebenso unangenehm und wahrheitswidrig, als die Vernachlässigung der anatomischen Richtigkeit leblose oder verzerrte Gestalten giebt.

Für den Unterricht ist es wichtig, dass der Schüler Gestalten mit möglichst entschieden ausgeprägten Muskeln nachahme und studire, aber er muss nicht nachher in Kunstwerken bei jeder Gelegenheit eben solche von Erhebungen und Vertiefungen bunte Figuren darstellen, das widerspricht ebenso der Wahrheit als dem Adel und der Klarheit der Gestalt. Neben solchen Missgriffen, die man in der neueren Kunst nicht selten antrifft, ist der Vergleich mit den Alten interessant; z. B. der Discuswerfer des Myron aus der Blüthezeit der griechischen Kunst, in der heftigsten Anstrengung begriffen, — indem er den Anlauf hemmt, schleudert er den Discus ab — und mit der feinsten Beobachtung der Bewegungserscheinungen ausgeführt, bietet dem Beschauer meist

nur grosse, wenig unterbrochene Wölbungen seiner Glieder, und doch ist der Ausdruck der grössten Lebendigkeit erreicht. Wie würde mancher andere eine solche Gestalt überladen haben, der schon bei einfach stehenden Figuren nicht Muskeln genug zeigen kann.

Wesentlich für den Künstler, und deshalb ein Hauptaugenmerk beim Unterricht ist es nun, dass die Anatomie ihm ein möglichst klares und vollständiges Anschauungsbild liefere. Er muss nicht nur die Lage, den Ansatz und die Wirkung der einzelnen Muskeln im Gedächtniss haben, so dass, wenn er sich besinnt, er das richtige darüber sich anzugeben weiss, wie es vielleicht beim Mediciner genügt, sondern er muss gewöhnt werden, durch den mehr oder minder dichten Schleier der Haut die unterliegenden Theile gleich klar da liegen zu sehen, sich den Arm nie vorzustellen ohne die Muskelbündel, die daran liegen. Freilich wird er auch die Kenntniss der einzelnen positiven anatomischen Thatsachen in seinem Gedächtniss nicht vermissen dürfen, denn sie sollen ihm als Richtschnur dienen für die prüfende Kritik, womit er die von ihm hingestellte Figur zu durchmustern hat, und ihm die Auffindung von Fehlern erleichtern. Das wesentlichste Moment bei dem Vortrag der anatomischen Einzelheiten wird deshalb die Bezugnahme auf die lebendige unverletzte Form sein; es muss einmal gesucht werden, den Schüler gleich neben der Anschauung des todten Präparats mit freiliegenden anatomischen Bestandtheilen zur Vergleichung mit den lebenden Formen anzuleiten, und dann späterhin ihn zu üben, an ganzen lebendigen Modellen und an Kunstwerken die anatomischen Bestandtheile zu erkennen, wie sie mehr oder weniger versteckt erscheinen, und durch diese Uebung zugleich seinen Blick für anatomische Fehler zu schärfen. Dabei versteht es sich von selbst, dass überhaupt in der Künstleranatomie nur von denjenigen Bestandtheilen des Körpers die Rede sein kann, welche auf die äussere Form desselben von Einfluss

sein können. Der anatomische Unterricht würde demnach umfassen:

1) Die Lehre von den Knochen und äusserlich sichtbaren Knorpeltheilen, als den festen Grundlagen der Gestalt, auf welchen die festen Verhältnisse der einzelnen Körpertheile basiren. Dieser Abschnitt würde mit Ausnahme der Schädelknochen ebenso speciell zu behandeln sein wie in der medicinischen Anatomie, weil an den Knochen auch die kleineren Vorsprünge als Ansatzpuncte der Muskeln wichtig sind.

2) Die Lehre von den Gelenken und Bändern ebenfalls ganz speciell, namentlich in Beziehung auf die Grenzen der Bewegungen.

3) Die Muskellehre, kurz die tiefen, sehr speciell die oberflächlichen, namentlich in Bezug auf ihre Erscheinung durch die Haut. An die Lehre von der Wirkungsweise der einzelnen Muskeln schliesst sich dann die Lehre von den zusammengesetzten Bewegungen.

Daneben würde, so weit es die vorhandenen Unterrichtsmittel erlauben, etwa von der thierischen Anatomie noch das Pferd durchzunehmen sein."

Das am 24. August von dem Senat an das Ministerium geleitete Urtheil über den Probevortrag lautete:

„Der Candidat bewies sich in demselben als gründlicher Kenner seiner Wissenschaft und gab zugleich den Beweis, dass er sich ernstlich habe angelegen sein lassen, sich das künstlerische Bedürfniss der Kenntniss des innern Baues des lebendigen und bewegten menschlichen Körpers klar zu machen, was durch seinen Vortrag zu zeigen ihm recht wohl gelang. Man sah, dass es ihm nicht werde schwer fallen können, bei fortgesetzter Uebung jene eigenthümliche Anschaulichkeit und Verlebendigung, welche der anatomische Unterricht für Künstler erfordert, sich immer mehr zu eigen zu machen, zumal da der Dr. Helmholtz noch sehr jung ist. Da nun auch die in dem Rescript eines hohen Ministeriums erwähnten

gewichtigen Empfehlungen zu Gunsten des Dr. Helmholtz sprechen, so trägt der Senat gehorsamst an, dass es einem hohen Ministerium gefallen möge, den Dr. Helmholtz bis auf Weiteres mit dem Unterricht in der Anatomie bei der Akademie vorläufig zu beauftragen, wie dies auch bei seinem trefflichen Vorgänger, dem Professor Brücke, geschehen ist", und nachdem es nur wenig Mühe gekostet, mit Hülfe „des damals über die Berliner wissenschaftlichen Geschicke waltenden guten Genius Alexander von Humboldt" Helmholtz von seinen noch übrigen drei pflichtmässigen Dienstjahren zu befreien, erhielt er am 30. September 1848 den nachgesuchten Abschied, um in ein civilärztliches Amt einzutreten. Durch Ministerialrescript vom 6. September wurde ihm die Lehrerstelle an der Kunstakademie mit einem Gehalt von 400 Thlr. jährlich vom 1. October ab, und, als auch die Stelle des Gehülfen beim anatomischen Museum, welche mit einem Gehalte von 200 Thlr. verbunden war, definitiv frei geworden, auch diese auf Grund eines erneuten Berichtes von Johannes Müller übertragen, der ihn als einen ebenso geschickten Anatom als physiologischen Experimentator bezeichnete und „in Hinsicht seiner grossen Anlagen" sich auf den bereits abgestatteten Bericht bezog.

So schied Helmholtz im Jahre 1848 aus dem militärischen Verbande, dem er vom October 1838 an angehörte, und entsagte zugleich der ärztlichen Praxis von dem Augenblicke an, in welchem er von der amtlichen Verpflichtung entbunden war; aber der medicinischen Wissenschaft blieb er auch in Zukunft stets zugethan und hob noch später oft und gern hervor, dass er sich in derselben in gewisser Weise heimischer fühlte als in anderen, sowie er auch stets der genossenen militärischen Erziehung mit Vorliebe gedachte, welcher er, wie Ludwig mit Recht sagt, „die stets auf sein Aeusseres verwendete Sorgfalt und die gemessene Form des Umganges" verdankte.

Helmholtz als Lehrer der Kunstakademie und Gehülfe der anatomisch-zootomischen Sammlung in Berlin vom Sommer 1848 bis Sommer 1849.

Wenn Helmholtz nun auch von seinen militär-ärztlichen Verpflichtungen befreit war, nahmen ihn doch die Vorbereitungen für seine Wintervorlesung an der Kunstakademie, und vor allem die während des Sommers im anatomischen Museum ihm obliegende Arbeit an vergleichend anatomischen Präparaten so sehr in Anspruch, dass er, abgesehen von einem kurzen Referate in den „Fortschritten der Physik" über die Theorie der physiologischen Wärmeerscheinungen, neue Untersuchungen zunächst nicht zum Abschluss zu bringen vermochte.

Bei Beginn des Wintersemesters, in dem er ausser seiner Vorlesung über Osteologie und Myologie, die er vor fünf Zuhörern hielt, noch menschliche Präparate für dieselbe und für die Sammlung im anatomischen Theater anzufertigen hatte, wird ihm diese Beschäftigung ein wenig drückend, da sein Kopf, voll von neuen wissenschaftlichen Gedanken, ihn zu intensiver eigener Arbeit drängt, und er wendet sich an seinen Freund Brücke, um zu erfahren, ob er es nicht in seinem neuen Amte mit sich zu streng und gewissenhaft nimmt. Er athmet auf, als ihm Brücke am Ende des December 1848 schreibt:

„Lieber Helmholtz! Thue kund und zu wissen auf dero werthe Anfrage, dass ich die Zuhörer in Rücksicht auf Ihre Berechtigung die Vorlesungen zu hören garnicht controllirt habe, sondern Sie nur pflichtmässig aufgefordert habe, mir Ihre Meldungsscheine einzureichen. Modell habe ich im Allgemeinen nur im Sommer erklärt, im Winter nur, auf ausdrückliches Verlangen, bisweilen im Actsaal, und im letzten Winter einmal auf der Anatomie, nachdem ich die Myologie beendigt hatte, um sie noch einmal übersichtlich zu recapituliren. Einen Famulus habe ich als intermistischer Prosector gehabt, und dieser hat mich zugleich beim Präpariren für die akademischen Vorträge unterstützt. Dass es Dir in Berlin wohl geht, freut mich von Herzen, und ich erwarte, dass Du bei Deiner jetzigen Musse die Welt bald durch neue Arbeiten in Erstaunen setzen wirst . . . .“

Helmholtz befolgt sogleich den weisen, auf Mässigung des pädagogischen Eifers hinzielenden Rath Brücke's, und freudig schreibt er schon im Januar des folgenden Jahres seinem Bruder Otto: „Den Eltern kannst Du erzählen, dass es mir gut geht; mit meinen Künstlern habe ich nicht mehr so viel zu thun, wie früher, weil ich sie viel zeichnen lasse nach Präparaten, und mich deshalb schon nach einem kürzeren Vortrage meistens entfernen kann.“

Aber es drängt ihn nun auch, die Erwartungen, die Brücke und seine anderen Freunde von ihm hegen, zu erfüllen. Zunächst hielt er am 16. März 1849 in der Physikalischen Gesellschaft einen Vortrag „Princip bei der Construction der Tangentenbussolen“, in welchem er genau dieselbe Construction einer Bussole erläuterte, wie sie erst im Jahre 1853 der Pariser Akademie von Gaugain vorgelegt wurde, für die er jedoch später die Priorität für sich nicht mehr feststellen lassen konnte, da das Protokoll der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft verloren gegangen war; und nun entwirft er die Pläne zu seinen bahnbrechen-

den Untersuchungen, durch welche er der Physiologie und Pathologie der Muskeln und Nerven neue Bahnen eröffnete und neue Methoden der Forschung schuf. Kaum machte er sich jedoch an diese Arbeit, so trat eine neue glückliche und entscheidende Wendung auf seinem Lebenswege ein, welche ihm die Möglichkeit geben sollte, seine grossen Ziele ungestört zu verfolgen.

Brücke hatte einen Ruf an die Universität in Wien angenommen; als Nachfolger hatte die medicinische Facultät in Königsberg am 1. April 1849 1) du Bois-Reymond, 2) Helmholtz, 3) Ludwig vorgeschlagen und das Ministerium ersucht, es möglich zu machen, dass durch den Gewählten noch ein beträchtlicher Theil des Sommersemesters durch die Vorträge über Physiologie ausgefüllt werden könnte, derselbe also wenig nach dem Beginn des Mai dort eintreffe. Das vom Ministerium eingeforderte Gutachten J. Müller's ging dahin, dass die hoffnungsvollsten jüngeren Talente der immer mehr in den Vordergrund tretenden physikalisch-physiologischen Richtung in Deutschland Brücke, du Bois-Reymond, Helmholtz und Ludwig seien.

„Der Privatdocent Dr. du Bois hat sich durch seine klassischen Arbeiten über die thierische Elektricität die gegründetsten Ansprüche auf eine Professur in der Physiologie erworben, scheint aber vor Beendigung seiner gegenwärtigen Arbeiten zur Annahme der fraglichen Stelle nicht geneigt zu sein. Ueber Helmholtz, dermalen Gehülfen bei den anatomischen Anstalten und Lehrer der Anatomie an der Akademie der Künste, hatte ich schon früher die Ehre, dem hohen Ministerium ausführlich zu berichten. Ich betrachte ihn als eines der bedeutendsten physiologischen Talente. Zur Annahme der fraglichen Professur würde er, so viel ich habe wahrnehmen können, nur dann geneigt sein, wenn seine Fixirung als Lehrer der Anatomie an der Akademie der Künste sich auf längere Zeit hinziehen sollte. Prof. Ludwig

steht auf gleicher Linie mit Brücke, du Bois und Helmholtz und würde zu der fraglichen Stelle ebenfalls durchaus geeignet sein.“

Johannes Schulze, der Referent in Unterrichtsangelegenheiten, spricht sich, nachdem inzwischen die Bewerbung von Helmholtz um die ausserordentliche Professur in Königsberg eingegangen, in einem Bericht an den Minister von Ladenberg vom 15. Mai 1849 für die Berufung von Helmholtz aus; den freilich an dritter Stelle vorgeschlagenen, aber 5 Jahre älteren Ludwig liess er offenbar aus politischen Gründen unberücksichtigt, wiewohl bei ihm zwei interessante Briefe von du Bois und Volkmann eingegangen waren, welche Ludwig gegen den Vorwurf eines Demokraten in Schutz nahmen und ihn als einen „conservativen Liberalen“ charakterisirten.

Helmholtz wurde durch Cabinetsordre vom 19. Mai 1849 zum ausserordentlichen Professor der Physiologie in Königsberg mit dem etatsmässigen Jahrgehalt von 800 Thlr. ernannt, und aufgefordert, sich unverzüglich nach Königsberg zu begeben, um dort noch im laufenden Sommersemester seine Vorlesungen über Physiologie zu beginnen, während die Kunstakademie von dem Minister angewiesen wurde, Helmholtz aus seiner Stellung als Lehrer der Anatomie zu entlassen, in welcher bald darauf du Bois sein Nachfolger wurde.

Helmholtz als Professor der Physiologie in Königsberg vom Sommer 1849 bis Michaelis 1855.

Dass Helmholtz in so jugendlichem Alter zum ausserordentlichen Universitätsprofessor und selbständigen Leiter des physiologischen Instituts ernannt und mit einem Gehalte von 800 Thlr. angestellt worden, den sein Vater erst nach einer langen und verdienstvollen Wirksamkeit erreicht hatte, änderte bei diesem zu seiner eigenen Genugthuung und Freude die Werthschätzung und Anerkennung der grossen Leistungen seines Sohnes, und wiederholt sprach er es aus, dass sein Hermann es so viel weiter gebracht habe als er, der nur Professor an einem Gymnasium geworden. Nachdem während der letzten beiden Jahre der persönliche Verkehr zwischen Vater und Sohn wegen der völlig verschiedenen wissenschaftlichen Grundanschauungen nur selten einen Austausch der Ideen über die Arbeiten des Sohnes gestattet hatte, erfüllte jetzt den Vater der sehnlichste Wunsch, von allen Arbeiten desselben Kenntniss zu haben und wo möglich an deren Entstehen Theil zu nehmen — und so beginnt mit der Berufung Helmholtz' nach Königsberg der hochinteressante Briefwechsel zwischen Vater und Sohn, der sich über einen Zeitraum von 10 Jahren erstreckt und uns vielfach einen Einblick gewährt in die Entstehungsgeschichte der Arbeiten unseres grossen Forschers.

Nachdem Helmholtz eine feste Stellung erlangt, sah er nach langer Verlobungszeit endlich den ersehnten Augen-

blick gekommen, sein häusliches Glück zu begründen und seine geliebte Braut heimzuführen. Am 26. August 1849 wurde die Hochzeit auf der königl. Domäne Dahlem bei Berlin im Hause ihrer Schwester gefeiert; „die Trauung fand in der alten kleinen Dorfkirche statt, der ein schöner Festzug, bestehend aus ihren Freundinnen, seinen Freunden, Eltern und Geschwistern zuschritt, alle erfüllt von der Sicherheit dieses Glücks!“ Die Uebersiedelung und Abreise des jungen Paares nach Königsberg erfolgte unmittelbar nach der Trauung von Dahlem aus.

Gross ist das Glück seiner Eltern, rührend der Ausblick in die Zukunft. „Liebe Kinder!“ schreibt der Vater am 16. September, „Wenn ich nur wüsste, wie und was ich schreiben sollte, um Euch eben solche Freude durch meinen Brief zu machen, als Ihr mir durch den Eurigen gemacht habt! Hier ist in unserm stillen Leben alles beim Alten; und Eure Gegenwart ist so schön, dass die Freude der Erinnerung an das Vergangene wohl kaum schon Raum finden möchte bei Euch. Oder soll ich als ein weisheitsvoller Papa die Sättigung Eures Glückes durch traurige Lehren vom Neide der Gottheit, die dem Sterblichen nichts Vollkommenes gönnt, hemmen? — Euch auffordern wie Polykrates ein theuerstes Kleinod zu opfern und Euch bittere Entsagungen aufzulegen, damit Euch bewusst bleibe, dass Ihr arme zum Entbehren hienieden beschaffene Menschen seid? . . . Olga, halte Deinen Hermann zur Ordnung an, denn das ist seine schwache Seite, und wenn er einmal Vater sein wird, muss er darin seinen Kindern ein strengeres Beispiel geben, als ich ihm gegeben habe. Nun aber bin ich auch ganz fertig; denn was mir sehr wichtig scheint, Euch zu versichern, dass ich Euch beide sehr lieb habe, da werdet Ihr im Vollgenuss Eurer Liebe denken, was soll der Tropfen ins Meer.“

Sehr schnell vollzog sich die Einrichtung ihres neuen Heims. „Nachdem wir übrigens“, schreibt er in der Mitte des October an du Bois, „mit dem Einrichten unserer

Häuslichkeit fertig geworden sind, ist dieselbe sehr nett und behaglich geworden, und wir können unbeschränkt und ungestört die glücklichste Zeit des Lebens durchgeniessen. Ich kann Dir mit bestem Gewissen empfehlen, Dir bei erster Gelegenheit eine ebenso liebenswürdige Frau anzuschaffen, wie ich sie mir erworben habe. Es giebt dem Geiste eine so vollständige Befriedigung in der Gegenwart, eine so ruhige Sicherheit des Besitzes, dass auch meine Arbeitsfähigkeit beträchtlich wieder zugenommen hat.“ Und in der That benutzte er auch bereits die Ferien zu Entwürfen neuer grosser Arbeiten und der Fortsetzung seiner früheren Versuche, indem er die schon begonnene Untersuchung über die Art der Bewegung eines Muskels während einer einzelnen Zuckung nach einer völlig neuen Methode jetzt wieder aufnahm. Bei den complicirten Versuchen unterstützt ihn seine junge Frau als Protokollführerin der beobachteten Scalentheile treulichst, und wir finden heute noch in seinem Nachlass gewissenhaft aufbewahrt die grosse Reihe von Tabellen, von der Hand seiner Frau geschrieben.

Schon nach wenigen Wochen erneuter Arbeit kann er du Bois mittheilen, dass er in viel evidenterer Weise die Richtigkeit seines aus den Curven, welche die Erhebung des Gewichtes als Ordinaten der Zeit angeben, gezogenen Schlusses nachzuweisen vermöge, die Kraft des Muskels sei nicht unmittelbar nach der Reizung am stärksten, sondern steige einige Zeit hindurch und falle dann wieder. Er deutet schon die äusserst sinnreiche Einrichtung an, die ihm viel Mühe und Zeit gekostet, um endlich die Form der Curve ermitteln zu können, welche das Ansteigen der Kraft ausdrückt, und die Möglichkeit liefert, einigen Erscheinungen nachzugehen, welche andeuten, dass die Intensität der Muskelthätigkeit schneller nachlässt, wenn durch dieselbe wirklich eine Bewegung hervorgebracht ist, als wenn das nicht der Fall ist: dass also ganz wie bei den elektrodynamischen Wirkungen die hervorgebrachte Bewegung die verursachende

Kraft schwächt. Noch aber fand er die Methoden und Resultate seiner Untersuchungen, durch welche er ein völlig neues Gebiet der physiologischen Forschung betreten und auch sogleich die umfassendsten Entdeckungen auf demselben gemacht hatte, nicht zur Veröffentlichung reif.

In der ersten Hälfte des Wintersemesters absorbiren die Vorbereitungen zu den Vorlesungen fast seine ganze Zeit, so dass er daneben nur allerlei kleine Versuche anstellen konnte, wie sie für einzelne Punkte der Vorlesungen selbst nöthig waren.

„Eine grössere Arbeit", schreibt er im December seinem Vater, „für welche ich in den Octoberferien schon eine Reihe Resultate erhalten hatte, kann ich erst jetzt in den Weihnachtsferien wieder fortsetzen. . . . . Ich habe sieben angemeldete Zuhörer, von denen abwechselnd drei bis fünf erscheinen, je nach dem Wetter. Mit den physiologischen Versuchen bin ich noch sehr beschränkt gewesen, weil ich mein Laboratorium aus Mangel an Geld noch nicht einrichten konnte. Gegenwärtig sind mir nun 100 Thlr. für dieses Jahr und 100 für jedes folgende angewiesen worden zu meiner ausschliesslichen Disposition für Instrumente und Versuche; dabei werde ich mich denn doch in Bezug auf Instrumente besser befinden als in Berlin und thue es schon jetzt. . . . Die Politik ist hier überall obenauf und zwar in der heftigsten Weise. Gegenwärtig ist Jacoby der Vergötterte der Demokraten, während die Andern den bodenlosesten Abscheu gegen ihn kund thun. Die Demokraten berichten von ihm in den pompösesten Ausdrücken, wie er geniest und wer zuerst prosit gesagt, als ob sich der Kaiser Napoleon in Krähwinkel aufhielte."

Ermahnend, beruhigend und belehrend lautet die schöne und gewiss vielfach berechtigte Antwort des Vaters als Weihnachts- und Neujahrsgruss vom 28. December:

„Möge 1850 Euch ebenso voll Glück und Gottes Segen sein, als es 1849 gewesen: vor allem erhalte es Eurer beiden

Gesundheit; Dir aber bringe es glückliche Resultate in Deinen wissenschaftlichen Forschungen. Freilich lässt sich kaum erwarten, dass Dir viel Zeit zu einer grösseren wissenschaftlichen Arbeit bleiben werde, bevor Du Deine Collegien einmal wirst gründlich durchgearbeitet haben, da Dir eine so starke Aufgabe gestellt ist, so plötzlich ohne alle Vorbereitungen in das Lesen hineinzuspringen; aber bis Ostern wirst Du ja die Hauptsachen ziemlich überwunden haben und Zeit für freiere und bessere Studien gewinnen, besonders da Deine Collegien mit Deiner privaten wissenschaftlichen Aufgabe, so viel ich weiss, innig zusammenhängen. Dass Du so wenige Zuhörer findest, thut mir leid, da gewiss nichts einen Lehrer mehr anfeuert, als wenn er Beifall findet und viele reizt, was er bietet. Indessen wird es desto grössere Aufforderung sein, neben der Tiefe und Gründlichkeit auch etwas nach gefälliger Form und Popularität zu streben und so auch den Wünschen Deiner Behörden zu genügen, die gewiss einen so jungen Mann mit einem für einen Professor extraordinarius so ausserordentlichen Gehalte nach Königsberg geschickt haben, um eben ein lebendigeres Interesse für das eigentlich wissenschaftliche und tiefere, ja ich möchte sagen, für das Fundamentale der Medicin zu erwecken und so auch von Königsberg aus für diese practische Kunst eine Fortentwicklung zu begründen. Auch hängt ja die Physiologie so sehr an der Philosophie und hat überhaupt ein so allgemeines wichtiges Interesse, dass sich gewiss eine Form des Vortrags und eine Auswahl des Inhalts finden lässt, die Dir auch aus andern Facultäten, besonders der philosophischen, manche zuzieht, besonders wenn Du Dich mit Rosenkranz verständigst, dessen berühmter Name doch wohl mehrere Philosophen nach Königsberg zieht. Auch sagt Professor Meyer, dass zu seiner Zeit sich die Königsberger Studenten durch regen Eifer und angestrengten Fleiss ausgezeichnet hätten, besonders die Naturforscher und Mathematiker. Möge es Dir denn auch in dieser Beziehung im nächsten

Jahre besser glücken, auch selbst Deiner äusseren Lage wegen, denn Du wirst Dich bald überzeugen, dass man selbst, so lange man nur zu zweien ist, mit Deinem Gehalte in dem Lebenskreise, in welchem Du Dich mit Deiner Frau befindest, noch sehr beschränkt ist, und um Praxis willst Du Dich ja nicht bemühen, da die freilich das einträglichste, aber, das gebe ich zu, auch das störendste und mühseeligste wäre. . . . . Die Politik habe ich jetzt ganz aufgegeben, das ist ein fauler ungesunder Sumpf, von dem gern wegbleiben mag, wen die Pflicht nicht hineintreibt; vorläufig bin ich froh, wenn irgend wo etwas Gerechtigkeit, Vernunft und Heiligkeit wieder durchbricht, und die dicke Binde, mit der die Ate der Parteileidenschaft die Menschen blendet, sich hier und da ein wenig wieder lüftet.“

Helmholtz benutzte nun, wie er es geplant, die Weihnachtsferien zur Fortsetzung der im October unterbrochenen Versuche und konnte schon am 15. Januar 1850 du Bois einen kurzen Bericht „Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung“ mit der Bitte übersenden, denselben der Physikalischen Gesellschaft vorzulegen „und in ihren Acten als Prioritätswahrung zu deponiren“. Zugleich übersandte er diese Notiz Johannes Müller für die Berliner und Alexander von Humboldt für die Pariser Akademie, indem er zunächst nur mittheilt, er habe durch Reizung des Nerven mittelst eines Stromes, den eine Drahtspirale bei der Oeffnung ihres eigenen Stromes in einer andern inducirte, mit Hülfe besonderer mechanischer Vorrichtungen gefunden, dass eine messbare Zeit — und zwar 0,0014 bis 0,0020 einer Secunde — vergeht, während sich der Reiz eines momentanen elektrischen Stromes auf das Hüftgeflecht grosser Frösche, deren Nerven 50 bis 60 Millimeter lang waren, bis zum Eintritt des Schenkelnerven in den Wadenmuskel fortpflanzt. Er macht bereits du Bois einige Andeutungen über eine grössere Arbeit, die Schwankungen des Muskelstromes betreffend, die er im Frühjahr zu vollenden hofft. In dem-

selben Briefe spricht er seine Verwunderung darüber aus, dass Karsten in dem physiologischen Jahresbericht seine „Erhaltung der Kraft“ zu den physiologischen Wärmeerscheinungen gestellt hat, und erzählt unter anderem: „Einen hiesigen tapferen Mathematiker, der aber etwas confus in Bezug auf nicht mathematische Logik ist und der hierselbst die Mechanik vorträgt, habe ich nach schwerem Kampfe endlich zur Erhaltung der Kraft bekehrt, so dass dieselbe an hiesiger Universität wohl officinell werden wird. Dem Neumann ist etwas schwer anzukommen, er ist hypochondrisch, scheu, aber ein Kopf ersten Ranges.“

Wieder ist du Bois der Einzige, der jene äusserst kurz und nur zur Wahrung der Priorität abgefasste Notiz versteht: „Deine Arbeit, ich sage es mit Stolz und Trauer, ist hier in Berlin nur von mir verstanden und gewürdigt worden. Du hast die Sache nämlich, nimm es mir nicht übel, so maasslos dunkel dargestellt, dass Dein Bericht höchstens für eine kurze Anleitung zur Wiedererfindung der Methode gelten konnte. Die Folge war, dass Müller sie nicht wieder erfand, und die Akademiker nach seinem Vortrage sich vorstellten, Du hättest die Zeit, die auf den Vorgang im Muskel verfliesst, nicht zu eliminiren gewusst. Ich musste sie nach einander, Dove, Magnus, endlich Müller selbst, der gar nicht daran wollte, aufklären. In der Gesellschaft trug ich es vor, und es war wenigstens diese Schwierigkeit nicht vorhanden. Humboldt aber war ganz depaysirt und weigerte sich, Deine Schrift nach Paris zu schicken, worauf ich mich erbot, sie zur Verständlichkeit umzuarbeiten. Ich habe dies nun auf meine Verantwortung gethan, Du wirst bemerken, dass ich nicht ein einziges Detail zugesetzt, sondern mich streng an das von Dir Gegebene gehalten, dies aber inductorisch entwickelt habe. Die Anmerkung über die Geschwindigkeit in der Secunde ist nicht von mir, sondern von Humboldt.“ Und schliesslich spricht du Bois den Wunsch aus, dass Helmholtz bei seinen Untersuchungen bleibe, „denn

der Zug von Versuchen, in dem Du Dich befindest, ist ausnehmend glücklich; thue mir den Gefallen und bleib nun einmal consequent dabei; wir arbeiten nun einander ordentlich in die Hände, und so kann etwas zu Stande kommen."

A. v. Humboldt sprach schon am 12. Februar 1850 Helmholtz seinen Dank für die Zusendung der Arbeit aus: „Es gehört Ihr Scharfsinn und Ihr Talent im Experimentiren mit den feinsten Vorrichtungen dazu, um Zeittheile zu messen, in denen die Nervenwirkung sich fortpflanzt. Sie werden mir und unserem gemeinschaftlichen Freunde du Bois verzeihen, wenn durch eine neue Abschrift er Einiges sprachlich richtiger und deutlicher gemacht, ohne im geringsten gewagt zu haben, zuzusetzen oder den Sinn zu verändern. Ich habe sogleich den Aufsatz durch die hiesige französische Gesandtschaft (Mr. de Persigny) mit einem sehr empfehlenden Briefe an Mr. Arago mit der Bitte gesandt, ihn bald der Akademie mitzutheilen und in die Comptes rendus einzurücken. Eine so merkwürdige Entdeckung spricht durch das Erstaunen, das sie erregt. An Verlängerung des Weges, wie bei den terrestrischen Fizeauschen Versuchen für Geschwindigkeit des Lichtes ist wohl nicht zu denken, weil unmittelbarer Uebergang in einen nahen Muskel nothwendig ist. . . . Wenn man 80 Jahr alt ist, wird man eilig in der Neugierde."

Dass diese kurze Mittheilung von Helmholtz wieder bei den älteren Physiologen und Physikern auf grossen Zweifel und Widerspruch stossen musste, war nicht zu verwundern. Hatte doch noch sechs Jahre früher Johannes Müller ausdrücklich erklärt, dass wir wohl nie die Mittel gewinnen werden, die Geschwindigkeit der Nervenwirkung festzustellen, da uns die Vergleichung ungeheurer Entfernungen fehlt, aus der die Schnelligkeit einer dem Nerven in dieser Hinsicht analogen Wirkung des Lichtes berechnet werden kann; er hielt die Zeit, in welcher eine Empfindung von den äusseren Theilen auf Gehirn und Rückenmark und die Rück-

wirkung auf die äusseren Theile durch Zuckungen erfolgt, für unendlich klein und unmessbar. Und in der That, so lange die Physiologen die Nervenwirkungen auf die Verbreitung eines imponderabeln Agens oder auf ein psychisches Princip zurückführen zu müssen meinten, musste es unglaublich erscheinen, dass die Geschwindigkeit dieses Stromes innerhalb der kurzen Entfernungen des thierischen Körpers messbar sein sollte; aber die Untersuchungen von du Bois hatten es für Helmholtz mehr als wahrscheinlich gemacht, dass die Fortleitung einer Nervenreizung durch eine veränderte Anordnung der Molecüle wesentlich bedingt ist, und er musste schon daraus vermuthen, dass die Geschwindigkeit der Leitung messbar und sogar sehr mässig ist, da es sich um Molecularwirkungen ponderabler Körper handelte.

So ordneten sich auch diese Untersuchungen in die Kette der Gedanken und Anschauungen von Helmholtz ein, die fern von jeder metaphysischen Speculation nur auf die Ermittelung von Thatsachen gerichtet waren. Während nun gegen das Princip der Erhaltung der Kraft, welches ja auf demselben Gedankenfundamente erwachsen, die Gegner der Naturphilosophie sich erhoben, weil sie in dem Princip nur ein philosophisches Gedankenspiel ohne streng wissenschaftliche Basis erblickten, ist es interessant zu sehen, dass jetzt die streng physiologisch-physikalische Arbeit die Bedenken und Zweifel nicht nur der Physiologen, sondern auch der Naturphilosophen hervorruft, welche letztere Gedanken und körperliche Affecte zeitlich nicht zu trennen vermochten.

Man braucht sich zur Erklärung dieser Gegnerschaft eben nur die damals herrschenden Anschauungen über das Verhältniss der Naturwissenschaften zu einander, speciell der Physiologie zur Physik zu vergegenwärtigen; Helmholtz erzählt selbst, dass in jener Zeit ein durch bedeutende literarische Thätigkeit berühmter und als Redner und geistreicher Mann gefeierter Professor der Physiologie bei Gelegenheit eines Streites über die Bilder im Auge dem Physiker,

welcher ihn aufforderte, zu ihm zu kommen und den Versuch zu sehen, über dieses Ansinnen entrüstet geantwortet habe, „ein Physiologe habe mit Versuchen nichts zu thun, die seien gut für den Physiker“; und dass ein Professor der Arzneimittellehre und Reorganisator der Universitäten, welcher Helmholtz bestimmen wollte, die Physiologie zu theilen, den eigentlich gedanklichen Theil selbst vorzutragen und die niedere experimentelle Seite einem Collegen zu überlassen, alle weiteren Versuche bei ihm aufgab, als dieser ihm erwiderte, er selbst betrachte das Experiment als die eigentliche Basis der Wissenschaft.

Nachdem sich endlich Johannes Müller und A. v. Humboldt, noch bevor er die ausführliche Ausarbeitung seiner Untersuchungen veröffentlichen konnte, von der Richtigkeit seiner Versuche überzeugt hatten, macht er seinem Vater am 29. März eine kurze Mittheilung darüber:

„Ich bin gegenwärtig wieder in Ferien für sechs Wochen und benutze diese Zeit, um meinen Fund in Betreff der Fortpflanzung der Nervenwirkungen fortzuführen, auf möglichst viele Fälle auszudehnen und zur Veröffentlichung fertig zu machen. Ich habe seit meiner ersten Sendung an die Berliner und Pariser Akademie die Sache bei Menschen studirt und es auch hier möglich gefunden, nachzuweisen, dass die Zeit, ehe eine Nachricht von einem Körpertheile her nach dem Gehirn kommt (z. B. $^1/_{30}$ Secunde vom grossen Zehen), desto grösser ist, je entfernter derselbe ist, und dass auch wiederum eine Zeit vergeht, während welcher sich der Bewegung erregende Vorgang vom Gehirn durch den Nerven bis zu einem Muskel hin fortpflanzt. Ich denke während dieser Ferien noch mit den Versuchen und der Ausarbeitung fertig zu werden. Meine erste Mittheilung ist in den Monatsberichten der Berliner und den Comptes rendus der Pariser Akademie gedruckt, und ich habe darüber zwei sehr anerkennende Schreiben von J. Müller und A. v. Humboldt empfangen. Ich rechne mir diesen Fund als grosses Glück

an, er wird nicht verfehlen, Aufmerksamkeit zu erregen. Dass es auch in Paris beachtet wird, wenn auch vorläufig nicht mit sehr gutem Willen, davon zeugt ein spottender Artikel im „National“, dessen Berichterstatter schon den du Bois einmal gründlich durchgehechelt hat. Ich habe leider hier den Artikel noch nicht bekommen können. Beunruhigt Euch übrigens nicht darüber; eine gutwillige Aufnahme solcher Sachen ist von Deutschen bei den Franzosen einmal nicht möglich, und der vorläufige Zweck ist erreicht, sie überhaupt darauf aufmerksam zu machen. Du Bois ist in diesen Ferien in Paris, um den dortigen Akademikern seine eigenen Sachen vorzumachen, und schreibt mir, er würde sie auch über die meinigen aufklären. Das ist eine Aufgabe, für welche er viel Geschick hat, und ich zweifle nicht, dass er die deutschen Gelehrten bei den Franzosen in ein gehörig imponirendes Licht zu stellen suchen wird. Königsberg ist übrigens ein prächtiger Ort zum Arbeiten, weil er eben nicht viel Verlockungen zu etwas anderm darbietet und doch das geistige Interesse hinreichend rege erhält. Die Apparate, welche ich zu meinen bisherigen Arbeiten gebraucht habe, sind mir hier auch ganz gut angefertigt worden.“

Aber schon wenige Tage darauf empfängt Helmholtz in einem überaus liebevollen Briefe vom 3. April die leisen Zweifel des väterlichen Philosophen, der — wenn auch vor der Autorität des Sohnes sich beugend — die Resultate dieser Untersuchungen nur schwer sich klar zu machen vermag:

„Uebrigens habe ich mich diesen Winter wahrhaft geistig wieder gestärkt, indem ich angeregt durch meine Lehrstunden nichts gelesen habe als Goethe, Shakespeare, Fichte und Calderon, über den mir jetzt erst, nachdem ich alle vier Uebersetzungen hinter einander gelesen, die wahre Einsicht aufgegangen ist. Ich habe vor Calderon einen ungeheuren Respect bekommen sowohl in Hinsicht der Tiefe und des heiligen Ernstes, als der Gluth seiner

Dramen, in welcher Beziehung sie unter den Modernen fast allein der Religionsstärke des antiken Drama nahekommen. Sein schroffster Gegensatz ist Goethe, dem das Unbedeutendste zu einem Schönen wird und dem dadurch Natur und Geschichte zu einem anmuthig heitern Himmelstage werden, dessen Harmonie von keiner heftigen Leidenschaft gestört, sondern aus Schmerz und Freude stets zu neuen heitern Melodien sich entwickelt. Daneben der gewaltig praktische Shakespeare und der weise, die Ideen-Gestaltung des Lebens mächtig regierende Fichte, diese vier waren es allein, die mir genügten, nach den politischen Aufregungen und Schmerzen von 1848/49, so dass ich ihrer Herr wurde und mich wirklich von aller Politik zu befreien vermochte. Was nun Deine Untersuchungen betrifft, so schien mir anfangs deren Resultat etwas wunderlich, da ich Gedanken und körperlichen Affect nicht als ein Nacheinander, sondern als ein Zugleich ansehe, als eine Einheit des lebendigen Actes, der erst in der Reflexion zu einem körperlichen und geistigen wird: und ich konnte mich ebenso wenig damit abfinden, als dass ein zu Abraham's Zeiten verschwundener Stern noch heute sichtbar sein soll. Indessen habe ich mich überzeugt, dass, was in äussere Erscheinung tritt, auch nothwendig wie dem Raume so der Zeit, also der räumlichen Gewalt oder Bewegung anheim fällt, und dass es nur die Relativität unseres Sinnesvermögens ist, dass uns etwas, so wie überhaupt gross oder klein, so auch unendlich gross oder klein erscheint, und wir so schwer fassen können, dass selbst aus unendlich Kleinem unendlich Grosses werden könne. Die Kühnheit des Geistes besteht aber darin, nachmessen zu wollen, was ausser unserer Apperception zu liegen scheint; und das mag es wohl am Ende sein, was die Franzosen choquirt. $^1/_{30}$ Sekunde ist freilich noch eine ganz vorstellbare Grösse und liesse sich durch 30 malige Wiederholung am Ende selbst durch eine Sekundenuhr darstellen. Ich bin sehr begierig auf das zusammenhängende Resultat

und wünsche nur, dass die Darstellung nicht wieder so gelehrt wissenschaftlich werde, dass ein armer Laie davon nichts versteht. Uebrigens wünsche ich sehr, dass du Bois in Paris durchdringen möge, da die Deutschen den Humboldt nicht mehr in Paris haben und die Frankfurter den Respect vor deutschen Gelehrten etwas erschüttert zu haben scheinen."

Helmholtz, der nicht wünschen konnte, dass sein Vater nur auf die wissenschaftliche Anerkennung Anderer hin, aber sichtlich im Widerstreit mit der eigenen inneren Ueberzeugung seinen Resultaten Glauben schenke, unterlässt es nicht, denselben über die Bedeutung seiner Arbeit aufzuklären und sucht dessen Zweifel in klarer und lichtvoller Darstellung zu beseitigen:

„Ich lege Dir hier noch einen besondern Zettel bei, um Deine Zweifel wegen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven möglichst zu beseitigen. Du musst bedenken, dass die Wechselwirkung geistiger und körperlicher Acte immer erst im Gehirn stattfindet, und dass das Bewusstsein, die geistige Thätigkeit, mit der Fortführung der Nachricht von der Haut, der Nervenhaut des Auges oder dem Ohr bis zum Gehirn hin nichts zu thun hat, dass für den Geist diese Fortpflanzung innerhalb des Körpers ebenso gut etwas Aeusseres ist, wie die Fortleitung des Schalles von der Stelle, wo er entsteht, bis zum Ohre hin. So wie es hier die elastischen Kräfte der Luft sind, welche die Erschütterung des tönenden Körpers bis zu dem Nervenapparate des Ohres tragen, sind es nachher Bewegungen der kleinsten materiellen Theile der Nervensubstanz, welche sich vom Ende des Nerven bis zu seinem Ursprung im Gehirn fortpflanzen, welche hier erst wahrgenommen und zur Nachricht für das Bewusstsein werden. Dass die Geschwindigkeit dieser Fortpflanzung in den Nerven keine so ungeheure sein würde, als die des Lichts und der Electricität, liess sich vermuthen, seitdem man durch die Versuche von du Bois die Electricitätsent-

wicklung kannte, welche bei der Fortpflanzung einer Nachricht, eines Reizes, durch den Nerven eintritt, weil man daraus schliessen musste, dass die materiellen Theile des Nerven dabei ihre Lage ändern. Die Fortpflanzung ist aber in der That langsam genug, langsamer als der Schall. Dass uns die Zeitdauer dieser Fortpflanzung so ungeheuer klein vorkommt, liegt daran, dass wir eben nicht schneller wahrnehmen können, als unser Nervensystem arbeitet, und uns deshalb die Zeiträume, welche dieses zu seinen Verrichtungen gebraucht, unwahrnehmbar klein sind. Wie ungenau übrigens unsere Zeitwahrnehmungen sind, wenn sie auf der Vergleichung der Wahrnehmungen zweier verschiedenen Sinnesorgane beruhen, hat sich in der neueren Zeit auf überraschende Weise herausgestellt. So variiren einzelne beobachtende Astronomen in der Angabe des Augenblicks, in welchem ein Stern am Faden ihres Fernrohrs vorübergegangen ist, um mehr als eine ganze Sekunde von einander, während die Angaben eines jeden Einzelnen allein genommen meist bis auf $^1/_{10}$ Sekunde bei öfterer Wiederholung harmoniren. Noch auffallender ist es, dass es unmöglich ist zu bestimmen, ob die Schläge zweier leise gehenden Taschenuhren zusammentreffen oder zwischen einander fallen, wenn man jede Uhr an ein anderes Ohr hält, während nichts leichter ist, als diese Bestimmung, so bald man sie beide mit demselben Ohr hört. Ich habe mir dazu die Vorstellungsweise zurechtgemacht, dass man zwei Wahrnehmungen verschiedener Organe nur dann nach ihrer Zeitfolge bestimmen kann, wenn man dazwischen Zeit hat sich zu besinnen: „jetzt hast du das eine wahrgenommen, aber noch nicht das andere“. Unsere Gedanken sind aber nicht so windschnell, wie man gewöhnlich glaubt, das habe ich auch bei meinen Versuchen erfahren, bei welchen ich von irgend einer Hautstelle her einen electrischen Schlag empfand und mir Mühe gab, so schnell wie möglich hinterher die Hand in Bewegung zu setzen, und die Zeit mass zwischen dem Schlage und dem ersten Anfang

der Handbewegung. Bei energischer Aufmerksamkeit, wenn der Wille gleichsam bereit stand, so wie er die Nachricht empfing, zu handeln, verweilte die Nachricht etwa nur $^1/_{10}$ Sekunde im Gehirn und wurde in dieser Zeit mit so maschinenmässiger Regelmässigkeit auf die Bewegungsnerven als Bewegungsreiz übertragen, dass ich glaube, die genannte Zeit wird hier nur durch die mechanisch nothwendigen Molecularvorgänge absorbirt; war aber die Aufmerksamkeit schon ermüdet, musste nach Empfang der Nachricht erst der Gedanke gefasst werden, was geschehen sollte, so war eine viel längere und ganz unregelmässige Zeit nöthig. Ich bin mit meiner Ausarbeitung der Versuche an Fröschen noch nicht ganz fertig, weil ich noch mancherlei Versuche machen musste, die Apparate zeichnen etc., denke aber in den Pfingstferien damit zu Ende zu kommen. Die Versuche an Menschen muss ich dann noch mehr variiren und vervielfältigen, ehe ich sie später veröffentlichen kann ....“

In der That stellt Helmholtz während der Ausarbeitung seiner Froschversuche an sich selbst und anderen Menschen Zeitmessungen an, welche ihm die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen und sensibeln Fasern des Menschen auf 50 bis 60 m festzustellen scheinen, ersucht aber Ende April du Bois, zunächst den ersten Theil seiner Arbeit über die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven der Frösche für das Müller'sche Archiv anzumelden.

Mit der am 26. Juli erfolgten Uebersendung derselben verbindet er die Mittheilung, „dass er Vater von einem wohlgebildeten und gesunden Mägdelein geworden ist“, dass aber von neuen Entdeckungen höchstens ein Theorem zu melden sei über die Ansteigungsform elektrischer Ströme, welche eine Spirale durchlaufen, und in dieser entweder nur auf sich selbst oder auf ein beliebig verbundenes System anderer Spiralen inducirend einwirken — Untersuchungen, die ihn jedoch noch fast ein Jahr beschäftigen, bevor er

sie zum Abschluss bringen kann. Während der noch unverheirathete du Bois in seinem langen wissenschaftlichen Antwortschreiben sich mit der frohen Anzeige von der Geburt des ersten Kindes seines Freundes mit den wenigen Worten abfindet, „ich gratulire zu Deinem Sprössling, grüsse Deine Frau", senden die Eltern Worte von wahrhaft rührender Liebe, „und gewiss Ihr seid beide so edel, dass Ihr alle Tiefen auch dieser Liebe durchwandeln und aller der Seligkeit Euch theilhaftig machen werdet, die in ihr leuchtet". Am 22. Juli fand die Taufe von Katharina Caroline Julie Betty Helmholtz statt. Aber die Aufregungen dieser Zeit und die angestrengte geistige Arbeit ziehen ihm heftige Anfälle von Kopfschmerzen zu, und er geht in Gemeinschaft mit Kirchhoff, der eben nach Breslau berufen war, auf einige Zeit an die See, um „die ungesunden Rückstände der Arbeit für eine Weile vollständig aus dem Kopfe auszukehren".

Inzwischen hatte du Bois am 19. Juli 1850 der physikalischen Gesellschaft die umfangreiche Arbeit von Helmholtz: „Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven" vorgelegt, deren Druck auch sogleich im Müller'schen Archiv unter des Freundes Aufsicht begann, auf dessen Rath Helmholtz sich bestimmen liess, zum besseren Verständniss „für halbe Kenner des Ohm'schen Gesetzes" eine von demselben vorgeschlagene Aenderung anzunehmen. Der Bericht des durch seine Aufnahme in Paris ein wenig gereizten du Bois, dessen Vortrag über das Helmholtz'sche Princip zur Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in Nerven in der Akademie nicht sehr gnädig beurtheilt worden, hatte Helmholtz überzeugen müssen, dass die Neuheit der Untersuchungen eine ausführliche und klare Darstellung derselben erheische. Der Druck der Arbeit war schon im December beendet, und noch in demselben Monat hielt er

in der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg, die ihn noch in demselben Jahre zu ihrem Director, zwei Jahre später zu ihrem Präsidenten wählte, einen, denselben Gegenstand behandelnden, allgemeiner verständlichen Vortrag: „Ueber die Methode, kleinste Zeittheile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke“.

In dem ersten Theile jener grossen Arbeit — der zweite Theil derselben erschien erst zwei Jahre später — „durch welche der Physiologie ein völlig neues und unabsehbares Untersuchungsgebiet eröffnet wurde“, stellte sich Helmholtz zunächst die Aufgabe, die Vorgänge bei einer einfachen Muskelzuckung zu studiren, welche auf eine Reizung von verschwindend kleiner Dauer erfolgt, indem der Muskel, um eine Arbeit zu leisten, zwischen Ruhe und Bewegung wechseln muss und die Grösse seiner Arbeit wesentlich von der Geschwindigkeit des Wechsels abhängt. Die hier ermittelten Thatsachen bahnen ihm zugleich den Weg, die Frage über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven zu entscheiden. Schon seine ersten Versuche im Anfange des Jahres 1849 hatten ihn aus den Curven, welche die Erhebung eines Gewichtes als Ordinaten der Zeit angaben, schliessen lassen, dass die Kraft des Muskels nicht unmittelbar nach der Reizung am stärksten sei, sondern einige Zeit hindurch steige und dann wieder falle. Um aber diese Thatsache in evidenter Weise zeigen und zugleich die Frage beantworten zu können, in welchen Zeiträumen und Stadien die mechanische Aeusserung der Thätigkeit, die Energie des Muskels, nach momentaner Reizung steigt und sinkt, hatte er schon zu seinen ersten Versuchen einen äusserst sinnreichen Apparat construirt. Er brachte am Muskel einen Metallring, an diesem eine Schale mit geringem Gewicht an, und unterstützte den obersten Theil des Ringes so durch einen Metallstift, dass derselbe bei grösserer Belastung nicht weiter sinken konnte; wird nun ein Strom geschlossen, dessen einer Theil durch den Muskel,

dessen anderer durch ein Galvanometer, Stift und Ring geht, so wird derselbe im Galvanometer durch die Contraction des Muskels und die somit veranlasste Erhebung des Ringes vom Stift wieder unterbrochen werden, und man wird durch Auflegen von Gewichten auf die Schale die elastische Kraft im Ruhezustande mit derjenigen nach der Reizung vergleichen können. Um aber die sehr schnelle Muskelzuckung in ihren Einzelstadien zu verfolgen und die Fortleitung der Erregung im Nerven zu untersuchen, brauchte Helmholtz neue Methoden zur Messung kleinster Zeittheilchen, und lieferte durch Auffindung derselben der Physiologie wiederum neue Handhaben für ihre feinen und schwierigen Untersuchungen.

Es hatte sich schon früher bei den verschiedenartigsten Beobachtungen in der Astronomie und Physik die Nothwendigkeit ergeben, Methoden zu ersinnen, durch welche es möglich ist, ebenso kleine Theile einer Zeitsecunde zu messen, als es die waren, durch welche wir mit Hülfe der mächtigsten Mikroskope unser kleinstes Längenmaass zerlegen, und es gab, hauptsächlich durch die Bedürfnisse der Artillerie hervorgerufen, dafür bereits zwei in ihren Principien wesentlich von einander verschiedene Methoden. Die eine, besonders von Werner Siemens vervollkommnete, beruht darauf, dass die Zeitunterschiede in Raumunterschiede verwandelt werden, während die andere die mechanische Wirkung bestimmt, welche während der zu messenden Zeit eine Kraft von bestimmter Intensität hervorbringt, und aus welcher die Zeit dann berechnet werden kann. Dieses zweite von Pouillet im Jahre 1844 erfundene Verfahren, welches darauf beruhte, die kürzesten Zeiträume durch den Ausschlag zu messen, welchen ein elektrischer Stromstoss einer Galvanometernadel ertheilt, vervollkommnete zunächst Helmholtz für physiologische Zwecke dadurch, dass er die elektromagnetischen Messungen mittelst eines am Magneten befestigten Spiegels in der von Gauss und Weber ein-

geführten Weise anstellte und den constanten Factor zur Verwandlung der Differenzen der Schwingungsbögen in die entsprechenden Zeitunterschiede durch ein theoretisch streng begründetes Verfahren ermittelte. Und nun stellte er sich, zuerst noch von den einfachsten Verhältnissen ausgehend, die so überaus schwierige Frage, ob bei der Beförderung einer Nachricht, welche von den entfernten Enden der empfindenden Hautnerven oder den Nervenausbreitungen in den Sinnesorganen nach dem Gehirne hineilt, oder einer solchen, welche der Wille vom Gehirn durch die motorischen Nervenfäden zu den Muskeln hinsendet, eine angebbare Zeit vergeht. Er fand zunächst am Frosch durch unendlich zahlreiche, äusserst mühsame, mit den feinsten experimentellen Mitteln angestellte Untersuchungen, dass, wenn ein animalischer Muskel oder sein Nerv durch einen momentanen elektrischen Schlag gereizt wird, eine kurze Zeit, ungefähr $^1/_{100}$ Secunde, verfliesst, während welcher die elastische Spannung desselben sich nicht merklich ändert — das sogenannte Latenzstadium der Reizung —, dass aber die Muskelspannung dann allmählich zu einem Maximum steigt, um ebenso allmählich wieder zu sinken. Werden ferner zwei verschiedene Stellen eines motorischen Nerven von einem momentanen Reiz getroffen, und ist die Grösse der Reizung für beide gleich, so ist es auch der zeitliche Verlauf der darauf erfolgenden Muskelzuckung, nur treten sämmtliche Stadien derselben um ein Gleiches später ein, wenn der Reiz die entferntere Stelle des Nerven getroffen hat; die Fortpflanzung der Reizung durch den Nerven bis zum Muskel hin bedarf also einer messbaren Zeit, und zwar ergab sich die Geschwindigkeit der Nervenleitung über zehnmal kleiner als die Schallgeschwindigkeit in der Luft. „Glücklicherweise“, sagt er, „sind die Strecken kurz, welche unsere Sinneswahrnehmungen zu durchlaufen haben, ehe sie zum Gehirn kommen, sonst würden wir mit unserem Bewusstsein weit hinter der Gegenwart und selbst hinter den Schallwahrnehmungen herhinken.“

Aber Helmholtz begnügte sich nicht mit der Verbesserung der Pouillet'schen Methode zur Messung kleiner Zeittheile, um seine Versuche darauf zu basiren; er theilte schon Ende August du Bois mit, dass er sich einen Apparat mit rotirendem Cylinder erbauen lasse, mit dem er bereits die ersten Probeversuche angestellt habe, und der wohl auch für die analogen Untersuchungen bei warmblütigen Thieren zu brauchen sein werde. Mit diesem Apparate greift er nun seine Untersuchungen von Neuem an, die aber erst nach zwei Jahren nebst der Construction des rotirenden Cylinders, dessen Princip er schon in der oben erwähnten populären Vorlesung auseinandergesetzt, zur Veröffentlichung gelangen.

Zwei Stellen dieser Vorlesung veranlassen eine interessante Correspondenz der Freunde. Helmholtz verglich in einem jetzt so geläufigen Bilde die Nervenfäden mit den elektrischen Telegraphendrähten, welche einmal augenblicklich jede Nachricht von den äussersten Grenzen her dem regierenden Centrum zuführen und dann ebenso dessen Willensmeinung jedem einzelnen Theile des Ganzen zubringen, um daselbst in Ausführung zu kommen, und am Schlusse seines Vortrages sucht er die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven anschaulich zu machen, indem er anführt, dass ein ordentlicher Wallfisch vielleicht erst nach einer Secunde die Verletzung seines Schwanzes erfährt, und dass er eine zweite Secunde braucht, um dem Schwanze zu befehlen, er solle sich wehren. Du Bois übersendet nun Helmholtz am 18. März 1851 einen Vortrag, welchen er in der Singakademie „vor der bekannten Versammlung aus den nicht arbeitenden Klassen" gehalten, und schreibt dazu: „Dein Erstaunen beim Lesen desselben wird wohl nicht viel geringer sein als meines beim Lesen Deines Vortrages. Es findet sich, dass wir uns in zwei Bildern, und in verschiedenen anderen Punkten dermassen, ja bis in's Einzelne der Ausdrücke begegnet

sind, dass wohl kein Fremder mich vom Verdacht des Plagiates freisprechen würde. Mir ist diese Conformität in den Bewegungen unserer Gehirnmolekeln äusserst schmeichelhaft. Gieb meine Rede Deiner angenehmen Hausfrau zu lesen. Die Damen sind empört darüber gewesen, dass ich ihnen verständlich gewesen sei, was ich von ihnen dächte? von mir hätte man etwas Wissenschaftlicheres erwartet.“ Er entwickelt ihm dann die Schwierigkeiten, die sich seinen Versuchen entgegenstellen, ein Instrument zu bauen, welches durch einen Muskel derartig in Bewegung gesetzt wird, dass es während eines gegebenen Abschnitts der Zusammenziehung die Kette schliesst, und endet mit den Worten: „Schreibe mir, welche Lawinen von Gedanken dieser Maulthierschellenklang in Deinem Gehirn ausgelöst hat.“ Nachdem ihm Helmholtz in seiner Antwort vom 11. April seinen Glückwunsch zur ordentlichen Mitgliedschaft der Akademie ausgesprochen, fährt er fort:

„Betreffs der Uebereinstimmungen in unseren Vorlesungen überlasse ich Dir die Priorität der elektrischen Telegraphen, denn ich habe schon vor langer Zeit einmal von Dir die Hypothese gehört, die Ganglien verträten die Zwischenstationen elektrischer Telegraphen in den Nervenleitungen. In der Geschichte mit den Wallfischen aber ist die Wahrheit so fabelhaft, dass Niemand sie glauben will. Wir sehen, dass man betreffs der Annahme von Plagiaten sich sehr irren kann ... Meine Frau hat sich zur Partei derjenigen geschlagen, welche behaupten, Du hättest Dich zu verständlich gemacht. Es ist unmöglich, bei solchen Gelegenheiten es Allen recht zu machen, jedenfalls aber wohl dankbarer, es den Zuhörern nicht zu leicht zu machen, und für den grossen Haufen einige Räthsel stehen zu lassen, deren Verständniss vielleicht nur einer kleinen Zahl der Zuhörerschaft aufgeht.“

Freilich theilte die letztere Ansicht sein Vater nicht, dem er am 27. Februar seinen Vortrag überschickt hatte, und der am 19. April an du Bois schrieb:

„Geehrter Herr Doctor! Meinen herzlichsten Dank für die Zusendung Ihrer interessanten Vorlesung im wissenschaftlichen Verein. Ich habe mich besonders über die Klarheit der Darstellung gefreut, die es auch dem Laien gestattet, einige Blicke in die Geheimnisse Ihrer Wissenschaft zu thun, und welche ihm durch Witz und poetischen Schmuck das sonst so trocken Erscheinende schmackhaft macht. Es ist schön von Ihnen, dass die ernsten vielen Aufgaben Ihrer Studien Ihnen noch Musse gestatten, auch an den Dichtern sich zu erfrischen, und durch Poesie und Kunst das Realistische der Naturstudien zu ergänzen. Ich wünschte meinem Sohne wohl etwas von dieser Ihrer Kunst; denn der kann wirklich, selbst in der Vorlesung, die er vor einer Gesellschaft in Königsberg gelesen hat, so wenig aus seiner wissenschaftlichen Strenge der Darstellung heraus, dass ich allen Respect vor einer Gesellschaft haben muss, die denselben verstanden und dankbar aufgenommen hat, da ich gestehen muss, dass mir beim Lesen doch vieles unklar geblieben ist.“

Uebrigens wollte Helmholtz in seiner Bescheidenheit selbst nicht den der Form und dem Inhalte nach meisterhaften Vortrag als Muster einer populären Vorlesung gelten lassen und hatte schon bei der Uebersendung des Vortrages seinem Vater geschrieben:

„. . . vor zwei Tagen habe ich an Dich zwei Exemplare meines Vortrags in der hiesigen physikalischen Gesellschaft unter Kreuzband abgeschickt, die Du wohl schon bekommen haben wirst; eines ist für Dich, das andere für den Regimentsarzt Puhlmann bestimmt. Leider habe ich die Abdrücke aus Müller's Archiv noch nicht erhalten, obgleich die bis jetzt noch fehlende Kupfertafel fertig sein soll, sonst würde ich sie mitgeschickt haben, Du würdest dadurch einiges besser verstehen. Als Stilprobe bitte ich aber den übersandten Aufsatz nicht gelten zu lassen, da er so schnell für die Vorlesung hingeschrieben ist, bei welcher

man leicht durch die Nuancirung des Vortrags über alle Härten hinweggleitet; nachher hatte ich keine Lust mehr, ihn auszufeilen, als er zum Druck verlangt wurde. Ich hatte neue Untersuchungen vor, und schon bis zum Ueberdruss an den alten geschrieben. Mit dem Stil des Aufsatzes im Archive, hoffe ich, sollst Du zufrieden sein. Für den etwaigen Vortrag in der Litteraria corrigire nur, soviel Du irgend willst."

Während nun Helmholtz all' diese grossen und fundamentalen Untersuchungen durchführte, welche sämmtlich das Ziel hatten, eine im höheren Sinne mechanistische Weltanschauung zu begründen und aufzubauen, gelang ihm ganz ausser Zusammenhang mit diesen Arbeiten als Frucht seiner Vorlesungen am Ende desselben Jahres 1850 die Erfindung des Augenspiegels, welche den Augenärzten „eine neue Welt erschlossen", und neben der Lehre von der Erhaltung der Kraft wohl am meisten dazu beigetragen hat, seinen Ruhm zu begründen und zu verbreiten. „Die sehr nützliche Nöthigung, der jeder Universitätslehrer unterworfen ist, alljährlich den ganzen Umfang seiner Wissenschaft so vorzutragen, dass auch die hellen Köpfe seiner Zuhörer überzeugt und befriedigt werden", hat nach seinem eigenen Geständniss vornehmlich diese werthvolle Frucht gezeitigt.

Nachdem er seine Erfindung der physikalischen Gesellschaft in Berlin am 6. December mitgetheilt, schreibt er am 17. December 1850 seinem Vater:

„Betreffs der Zeitmessungen habe ich bis jetzt noch keine neueren Resultate, sondern die Zeit mit Construction anderer Apparate, und nöthigen Vorarbeiten hingebracht. Ausserdem habe ich aber bei Gelegenheit meiner Vorträge über Physiologie der Sinnesorgane eine Erfindung gemacht, welche möglicher Weise für die Augenheilkunde von dem aller bedeutendsten Nutzen sein kann. Sie lag eigentlich so auf der Hand, erforderte weiter keine Kenntnisse, als was ich auf dem Gymnasium von Optik gelernt hatte, dass

es mir jetzt lächerlich vorkommt, wie andere Leute und ich selbst so vernagelt sein konnten, sie nicht zu finden. Es ist nämlich eine Combination von Gläsern, wodurch es möglich wird, den dunkeln Hintergrund des Auges durch die Pupille hindurch zu beleuchten, und zwar ohne ein blendendes Licht anzuwenden, und gleichzeitig alle Einzelheiten der Netzhaut genau zu sehen, sogar genauer, als man die äusseren Theile des Auges ohne Vergrösserungen sieht, weil die durchsichtigen Theile des Auges dabei die Stelle einer Lupe von 20maliger Vergrösserung für die Netzhaut vertreten. Man sieht die Blutgefässe auf das zierlichste, Arterien und Venen verzweigt, den Eintritt des Sehnerven in das Auge u. s. w. Bis jetzt war eine Reihe der wichtigsten Augenkrankheiten, zusammengefasst unter dem Namen „schwarzer Staar“, eine Terra incognita, weil man über die Veränderungen im Auge weder im Leben, noch selbst meistens im Tode etwas erfuhr. Durch meine Erfindung wird die speciellste Untersuchung der inneren Gebilde des Auges möglich. Ich habe dieselbe als ein sehr vorsichtig zu behandelndes Ei des Columbus sogleich in der physikalischen Gesellschaft in Berlin als mein Eigenthum proclamiren lassen, lasse gegenwärtig ein solches Instrument arbeiten, welches besser und bequemer ist, als meine bisherigen Pappklebereien, werde dann wo möglich mit unserem hiesigen Hauptaugenarzte Untersuchungen an Kranken anstellen, und dann die Sache veröffentlichen.“

Die Wichtigkeit dieser Erfindung, die Helmholtz später in seiner Bescheidenheit eine Entdeckung nannte, leuchtet dem Vater sogleich ein:

„Was Deine wissenschaftlichen Arbeiten betrifft, so freue ich mich, lieber Hermann, dass Du selbst mit ihnen zufrieden bist; dass der Abdruck in Müller's Journal so zerstückt und falsch gerathen ist, wie ich gehört habe, ist freilich zu beklagen, desto besser aber, dass Du jetzt Deine Abhandlung selbständig unter Deinem Namen herausgeben

willst, und ich warte begierig darauf, besonders auch auf Deinen populären Vortrag über dieselbe, den ich durch den Regimentsarzt Puhlmann der hiesigen Litteraria mittheilen lassen werde, was mir passender erscheint, als wenn ich es thäte. Die Entdeckung über die Beobachtung des Auges wird Dir, wenn auch nicht so viel Kenntnisse voraussetzend, wahrscheinlich einen rascheren Namen schaffen, weil sie unmittelbar praktisch scheint, und es fragt sich, ob Du für das Instrument der Beobachtung Dir nicht ein Privilegium geben liessest."

Im Anschluss drückt der nun stolz beglückte Vater seine Freude darüber aus, im nächsten Sommer seinen Sohn bei sich zu sehen, der mit seiner Familie seine Eltern besuchen will, um dann allein, nachdem er von der Regierung einen vierwöchentlichen Urlaub erhalten, die deutschen Universitäten zu besuchen und deren physiologische Institute zu besichtigen, zugleich aber auch seiner neuen Erfindung leichter Eingang zu verschaffen.

Noch in den letzten Tagen des alten Jahres meldete Helmholtz seinem Freunde Ludwig: „einen Fund, gelegentlich bei meinen Vorträgen über Physiologie der Sinne gemacht, bestehend in einer Methode, durch welche es möglich wird, die Retina des lebenden Auges zu besichtigen mit ihrem Gefässnetz, hoffe ich bald an Vierordt für sein Archiv abzuschicken".

Da aber die Arbeit „Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge", erst im Herbst 1851 erschien, das Verständniss dieser Arbeit auch einen gewissen Umfang mathematischer und physikalischer Kenntnisse voraussetzte, so ging die Verbreitung des Augenspiegels sehr langsam von Statten, und man zögerte vielfach, ihn anzuwenden. Ein hochberühmter chirurgischer College erklärte Helmholtz, er werde das Instrument nie gebrauchen, es sei zu gefährlich, das grelle Licht in kranke Augen fallen zu lassen; ein anderer war der Ansicht, der

Spiegel möge für Aerzte mit schlechten Augen nützlich sein, er selbst habe sehr gute Augen und bedürfe seiner nicht.

Leider findet sich ein Briefwechsel über den Augenspiegel zwischen Helmholtz und Brücke nicht vor. In den an den Erfinder gerichteten Briefen vieler Augenärzte, darunter Arlt aus Prag, wird übereinstimmend anerkannt, dass die Entdeckung wie vom wissenschaftlichen so auch vom praktischen Standpunkte von höchstem Interesse sei, und wird der Wunsch ausgesprochen, recht bald am Krankenbette damit experimentiren zu können, zugleich aber auch das Bedauern bekannt, in der Physik und Mechanik zu wenig bewandert zu sein, um einen solchen Spiegel nach den von Helmholtz angegebenen Principien construiren zu lassen, und damit die Bitte verbunden, die Augenspiegel aus Königsberg beziehen zu dürfen.

Hochinteressant für die Geschichte der Erfindung des Augenspiegels ist aber das am 7. November 1851 an Helmholtz gerichtete Schreiben des später so berühmt gewordenen Begründers der wissenschaftlichen Ophthalmologie Graefe aus Berlin:

„Hochgeehrter Herr Professor! Entschuldigen Sie, wenn ich als Unbekannter mich brieflich an Sie wende und Ihre Güte in Betreff eines Gegenstandes in Anspruch nehme, der mich im allerhöchsten Grade interessirt. Schon im vorigen Sommer hatte ich in Wien durch Herrn Professor Brücke erfahren, dass Ihnen die Construction eines Instrumentes zur Untersuchung der Retina am lebenden Auge gelungen sei; ich hatte sogar die Freude, aus derselben Quelle einige Details über die Mittel, deren Sie sich hierbei bedient, zu vernehmen. Herr Professor Brücke war um so williger, mir diese Mittheilungen zu machen, als wir häufig über die Möglichkeit eines solchen Instrumentes mit einander gesprochen und er mir einen früheren Plan dazu mitgetheilt hatte, dessen praktische Anwendung aber an der Weise der Beleuchtung gescheitert war. Brücke hatte nämlich ge-

glaubt, die katoptrischen und dioptrischen Postulate des Apparates durch ein unter entsprechendem Winkel schief vor das beobachtete Auge angebrachtes Concavglas gleichzeitig verwirklichen zu können. Um so erfreulicher war uns die Nachricht vom Gelingen eines solchen Instrumentes, und ich erwartete mit Ungeduld die Publication, welche ich vor einigen Tagen bei meiner Rückkehr nach Berlin von einer längeren Reise so glücklich war, auf meinem Tische zu finden. Dem Studium derselben verdanke ich nicht allein das genauere Verständniss des Instrumentes, sondern auch Aufklärung über mehrere bisher verschlossene physikalische Fragen. — Da ich ferner die Augenheilkunde seit mehreren Jahren mit besonderer Vorliebe cultivire, so möchte ich möglichst bald das lang ersehnte diagnostische Mittel erproben und für die genannte Wissenschaft verwerthen. Auch habe ich meinen Londoner und Pariser Collegen, dem Dr. Bowmann und Dr. Desmarres, im Hinblick auf die bevorstehende Veröffentlichung versprochen, sofort ein Exemplar des Apparates zu übersenden. Besonders Ersterer, welcher sich für die wissenschaftliche Cultur seines Feldes sehr interessirt und der an Moorfield's Hospital einen sehr ausgedehnten praktischen Wirkungskreis hat, wird einem möglichst baldigen Empfang sehnlich entgegensehen. — An den hiesigen Mechanikus Dörfel habe ich mich schon vor einigen Tagen gewandt und ihn mit der Anfertigung einiger Instrumente beauftragt. Da aber bis zu deren Vollendung einige Zeit verstreichen wird, und ich ausserdem wünsche, eins von Ihren Königsberger Instrumenten mit den hiesigen vergleichen zu können, so stelle ich an Sie, hochgeehrter Herr Professor, die ergebene Bitte, Ihren dortigen Optiker beauftragen zu wollen, möglichst bald ein oder zwei genau nach Ihren Angaben verfertigte Augenspiegel nach Berlin auf meine Adresse . . . zu schicken. . . . Hierdurch allein erbringe ich die Sicherheit, ein Instrument in meinen Händen zu haben, welches die bestmögliche Beleuchtung darbietet,

und kann dann beurtheilen, ob die hiesigen an Präcision zu wünschen lassen oder nicht; wenn ich dagegen den erreichbaren Grad der Vollkommenheit nicht vor Augen haben könnte, so würde ich vielleicht in den entscheidenden Stücken der Anfertigung auf unnütze Weise nach Fehlerquellen suchen und so jedenfalls die Erfüllung meines Wunsches verzögern. In der Zuversicht, dass Sie, hochgeehrter Herr Professor, die Kühnheit meiner Bitte durch das Interesse, welches ich an der Sache habe, gütigst entschuldigen werden, habe ich die Ehre mich zu zeichnen in tiefster Hochachtung Ihr ergebener Dr. A. v. Graefe, Arzt-Operateur in Berlin."

Und noch am 16. December desselben Jahres, also ein Jahr nach der so denkwürdigen Erfindung, schreibt Helmholtz seinem Vater:

„Es sind hier nach und nach 18 Bestellungen auf Augenspiegel eingelaufen, so dass mein Mechanikus ein gutes Geschäft damit macht. Darunter 4 nach Holland, 1 nach Paris, 1 nach London, nach Krakau, Prag, Breslau, Bonn, Tübingen, Dorpat, nach Berlin an Dr. Böhm, den Adoptivsohn von Joh. Schulze; auch werden in Berlin dergleichen angefertigt durch den Mechanikus Dörffel auf Veranlassung des Dr. Gräfe, Sohns des Generalstabsarztes. Sechs davon sind schon abgeschickt, die andern sind ziemlich bald fertig, und der Mechanikus hat daran noch eine Veränderung angebracht, wodurch sie viel bequemer zu gebrauchen werden. Er macht noch mehr, als bis jetzt bestellt sind, und wird nächstens auch eins mit einer Sendung anderer Sachen nach New-York spediren. Also seht Ihr, dass die Sache in der Welt herumkommt."

40 Jahre später erzählt er selbst die Geschichte seiner Erfindung:

„Bei der Vorbereitung zur Vorlesung stiess ich zunächst auf die Möglichkeit des Augenspiegels und dann auf den Plan, die Fortpflanzungszeit der Reizung in den Nerven zu messen. Der Augenspiegel ist wohl die populärste meiner

wissenschaftlichen Leistungen geworden, aber ich habe schon den Augenärzten berichtet, wie dabei das Glück eine unverhältnissmässig grössere Rolle gespielt hat als mein Verdienst. Ich hatte die Theorie des Augenleuchtens, die von Brücke herrührte, meinen Schülern auseinanderzusetzen. Brücke war hierbei eigentlich nur noch um eines Haares Breite von der Erfindung des Augenspiegels entfernt gewesen. Er hatte nur versäumt, sich die Frage zu stellen, welchem optischen Bilde die aus dem leuchtenden Auge zurückkommenden Strahlen angehörten. Für seinen damaligen Zweck war es nicht nöthig, diese Frage zu stellen. Hätte er sie sich gestellt, so war er durchaus der Mann dazu, sie sich eben so schnell zu beantworten wie ich, und der Plan zum Augenspiegel wäre gegeben gewesen. Ich wendete das Problem etwas hin und her, um zu sehen, wie ich es am einfachsten meinen Zuhörern würde vortragen können, und stiess dabei auf die bezeichnete Frage. Die Noth der Augenärzte um die Zustände, die man damals unter dem Namen des schwarzen Staares zusammenfasste, kannte ich sehr wohl aus meinen medicinischen Studien, und machte mich sogleich daran, das Instrument aus Brillengläsern und Deckgläschen für mikroskopische Objecte zusammenzukitten. Zunächst war es noch mühsam zu gebrauchen. Ohne die gesicherte theoretische Ueberzeugung, dass es gehen müsste, hätte ich vielleicht nicht ausgeharrt. Aber nach etwa acht Tagen hatte ich die grosse Freude, der Erste zu sein, der eine lebende menschliche Netzhaut klar vor sich liegen sah."

In der That war aber die Erfindung des Augenspiegels nicht ganz so einfach, wie Helmholtz sie darstellt; gerade daran, dass das dem Apparate zu Grunde liegende Princip ohne tiefere optische Kenntnisse nur schwer verständlich war, lag es eben auch, dass die Einführung desselben verhältnissmässig langsam vor sich ging und nicht früher geschah, bis vervollkommnete mechanische Einrichtungen die Handhabung des Augenspiegels bedeutend vereinfacht hatten — nur

Donders, der ausgezeichnete Utrechter Physiologe, hielt das Helmholtz'sche Instrument in seiner ursprünglichen Form schon für optisch vollkommen.

Die bekannte Erscheinung, dass die Augen gewisser Thiere, wie Katzen und Eulen, im Dunkeln leuchten, hatte schon Johannes Müller richtig dahin gedeutet, dass die sogenannten leuchtenden Augen nicht wirklich leuchten, sondern nur Licht reflectiren, und dass die Nervenhaut der stärker leuchtenden Augen einen hellen, zur Zurückwerfung des Lichtes besonders geeigneten Hintergrund habe. Brücke hatte nun zunächst festgestellt, dass man die Augen der Thiere am besten leuchten sieht, wenn man in einem dunkeln Raume eine Blendlaterne auf das zu beobachtende Auge richtet und an dieser vorbei in das Auge blickt; man kann dann die Augen aller Thiere und ebenso die der Menschen zum Leuchten bringen. Die ersten menschlichen Augen, welche ein Beobachter zweckbewusst leuchten sah, waren die durch Brücke beleuchteten Augen du Bois'. Alle weiteren Versuche Brücke's, ein Instrument zur Beleuchtung der Retina zu construiren, waren nach dem Zeugniss Graefe's an der Weise der Beleuchtung gescheitert.

Helmholtz stellte sich nun, wie er es in der in Berlin 1851 erschienenen Monographie darlegt, zunächst die Frage, weshalb uns alles, was wir vom Hintergrund des unverletzten Auges erblicken können, absolut dunkel erscheint, und fand den Grund hiervon in den lichtbrechenden Medien des Auges, welche unter gewöhnlichen Umständen verhindern, dass wir erleuchtete Netzhautstellen hinter der Pupille erscheinen sehen; es konnte sich also zunächst nur darum handeln, eine Beleuchtungsart zu finden, durch welche gerade der Theil der Netzhaut, nach welchem wir durch die Pupille hinsehen, hinreichend erhellt werde. Dass dies sich in der That so verhält, zeigte er mit Hülfe einer kleinen, innen geschwärzten Camera obscura; er wies experimentell und mathematisch für beliebige Systeme brechender Flächen nach, dass die

rückkehrenden Strahlen, auch nachdem sie durch die brechenden Medien hindurch und aus dem Auge herausgetreten sind, den einfallenden vollständig congruent sein müssen, und sich schliesslich alle wieder zu dem ursprünglich leuchtenden Punkte zurückbegeben werden. Weil wir nun unser Auge nicht in die Richtung des zurückkommenden Lichtes bringen können, ohne gleichzeitig das einfallende gänzlich abzuschneiden, kann zu unserer Pupille aus der Tiefe des fremden Auges kein Licht zurückkehren, welches nicht von ihr ausgegangen ist. Es wird somit nur diejenige Netzhautstelle ihr sichtbar, auf welcher ihr eigenes dunkles Bild sich abbildet, und daher nur, wenn das beobachtete Auge nicht absolut genaue Bilder liefert, das zurückkehrende Licht sich zwar im Allgemeinen wieder nach dem leuchtenden Punkte hinwenden, aber auch zum Theil vorbeigehen, und ein Beobachter, welcher sich der Richtungslinie des einfallenden Lichtes möglichst annähert, wird einen Theil des austretenden Lichtes wahrnehmen, worauf das von Brücke entdeckte Leuchten der Menschenaugen beruht. Zur Herstellung eines regelmässigen Bildes ist also eine Methode nothwendig, die es möglich macht, nicht bloss annähernd, sondern genau in der Richtung des einfallenden Lichtes in das Auge hineinzusehen, und Helmholtz fand nun, indem er zugleich die Helligkeit des Bildes so gross zu machen suchte, als es irgend geht, auf Grund strenger mathematisch-optischer Ueberlegungen, dass sich dies im Wesentlichen durch drei auf einander gelegte parallele Glasplatten erreichen lässt, in denen sich das Licht eines zur Seite des beobachtenden Auges stehenden Beleuchtungskörpers wiederspiegelt. Ein Theil dieses Lichtes gelangt dann in die Pupille des fremden Auges und beleuchtet das Innere desselben; die von dem so beleuchteten Augenhintergrunde zu den Glasplatten zurückkehrenden Lichtstrahlen werden nun zum Theil an der Oberfläche derselben wieder zur Lichtquelle zurückgeworfen, ein anderer Theil der reflectirten Strahlen geht aber durch die Glas-

platten hindurch und gelangt in das Auge des Beobachters. Da aber das Gesichtsfeld desselben, begrenzt durch die Pupille des beobachteten Auges, bei der verhältnissmässig beträchtlichen Entfernung der beiden Augen von einander so klein sein würde, dass es unmöglich wäre, die gesehenen Einzelheiten zu einem Gesammtbilde zu combiniren, wird es nöthig sein, die beiden Augen so viel wie möglich einander zu nähern. Dann fällt aber das Bild im Allgemeinen hinter den Rücken des Beobachters und kann von ihm nicht deutlich gesehen werden, und da ein normales Auge nur parallele und divergirende Strahlen auf seiner Netzhaut vereinigen kann, nicht aber convergirende, setzte Helmholtz als einfachstes Mittel, um die convergirenden Strahlenbündel divergent zu machen, eine Concavlinse zwischen Spiegel und Auge des Beobachters, und hatte mit diesen einfachen Mitteln die wesentlichen Theile seines Augenspiegels hergestellt, für welchen er noch eine Reihe anderer praktischer Constructionen vorschlägt.

Im folgenden Jahre lieferte er noch in Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde unter dem Titel „Ueber eine neue einfachste Form des Augenspiegels“ eine Vergleichung seiner Construction mit der in demselben Jahre 1852 von Ruete vorgeschlagenen; zugleich vereinfacht er das instrumentale Zubehör in der praktischen Ausführung des von Ruete aufgestellten Princips derart, dass statt eines jeden Augenspiegels nur eine kleine Convexlinse nöthig ist, wie sie zu den gewöhnlichen Lupen gebraucht wird, wodurch aber freilich das vereinfachte Instrument auch alle Nachtheile der Ruete'schen Methode an sich trägt.

„Für meine äussere Stellung vor der Welt“, sagte Helmholtz später bei einer Besprechung seiner medicinisch-physiologischen Arbeiten, „war die Construction des Augenspiegels sehr entscheidend. Ich fand fortan bei den Behörden und Fachgenossen bereitwilligste Anerkennung und Geneigtheit für meine Wünsche, so dass ich fortan viel freier den inneren

Antrieben meiner Wissbegier folgen konnte. Uebrigens erklärte ich mir selbst meine guten Erfolge aus dem Umstande, dass ich durch ein günstiges Geschick als ein mit einigem geometrischen Verstande und mit physikalischen Kenntnissen ausgestatteter Mann unter die Mediciner geworfen war, wo ich in der Physiologie auf jungfräulichen Boden von grosser Fruchtbarkeit stiess, und andererseits durch die Kenntniss der Lebenserscheinungen auf Fragen und Gesichtspunkte geführt worden war, welche gewöhnlich den reinen Mathematikern und Physikern fern liegen."

Die erste öffentliche Mittheilung über den Augenspiegel machte er am 11. November 1850 in dem wenige Tage zuvor in Königsberg gegründeten Verein für wissenschaftliche Heilkunde, zu dessen Vorsitzenden er erwählt war.

Die in so kurzer Zeit und scheinbar so leicht geglückte Erfindung des Augenspiegels, die sich daran schliessenden mechanischen Constructionen und Abänderungen, sowie eine Reihe mit Hülfe des Augenspiegels angestellter physiologisch-optischer Versuche — er fand unter anderem, dass Licht, welches die Sehnervenfasern unmittelbar trifft, nicht empfunden wird, sondern dass zu seiner Wahrnehmung ihre Enden in der Retina getroffen werden müssen — nahmen ihn nur bis in die ersten Wochen des Januar 1851 in Anspruch, und nun wandte er sich sogleich wieder zu den so plötzlich und so glücklich unterbrochenen Arbeiten über die Reizung der Nerven zurück. Da er bei seinen früheren Untersuchungen den zur Reizung der Nerven angewendeten Inductionsschlag als momentan betrachtet hatte, ging er zunächst, um die Berechtigung dieser Annahme gegenüber den kleinen in Betracht kommenden Zeittheilchen nachzuweisen, darauf aus, die schon früher berührte Frage zu beantworten, wann ein Inductionsschlag seine physiologische Wirkung ausübt, um nicht den Nervenwirkungen Zeitunterschiede zuzuschreiben, welche den elektrischen Strömen angehören, zumal da besonders bei Menschenversuchen, zu denen starke Apparate

gebraucht werden, daraus merkliche Irrthümer entstehen konnten. Er übersandte du Bois in der Mitte des April zunächst einen kurzen Auszug dieser physikalischen Vorarbeit der weiteren Nervenversuche, um denselben der Akademie vorzulegen, und zugleich die grössere Arbeit selbst für die Poggendorff'schen Annalen. Seinem Vater berichtet er von dem Inhalte dieser Arbeit nur, dass sie die Zeitdauer der magnetelektrischen Schläge behandelt und nicht bloss einzelne Thatsachen und Versuche enthält, sondern dass ein glücklicher theoretischer Einfall ihn auf ein mathematisches Gesetz geführt hat, dessen Richtigkeit er an einzelnen Versuchsreihen erprobt, und welches sämmtliche Fragen dieses noch ganz unbebauten Gebietes vollständig löst. Der du Bois übersandte Bericht wurde nicht von diesem, sondern von Poggendorff am 8. Mai der Akademie vorgelegt, da du Bois „von seinen Gönnern bemerklich gemacht wurde, dass es sich nicht ganz zieme, fremde Arbeiten der Akademie vorzulegen, ehe man sich ihr durch einen eigenen Vortrag bekannt gemacht habe, und er ausserdem als Physiologe, nicht als Physiker bei ihr accreditirt sei", und du Bois schliesst seinen Brief mit den Worten:

„Mir steht der Verstand still vor Deiner ungeheuren Arbeitskraft und dem Umfang Deiner Kenntnisse. Wie kannst Du nur zugleich neue Collegia lesen und solche Arbeiten zu Stande bringen. Uebrigens muss ich Dir bekennen, dass ich mit Deiner Darstellung gar nicht zufrieden bin. Ich habe Deine Abhandlung und den Auszug ein paarmal durchgelesen, ohne zu begreifen, was Du eigentlich gemacht hattest, und wie Du es gemacht hattest. Endlich erfand ich selbst die Methode, und nun verstand ich erst allmählich Deine Darstellung. Du musst — nimm es mir nicht übel — durchaus mehr Sorgfalt darauf verwenden, von Deinem eigenen Standpunkt des Wissens zu abstrahiren und Dich auf den Standpunkt derer stellen, die noch nicht wissen, um was es sich handelt und was Du ihnen auseinandersetzen willst."

Aber dieser Vorwurf war durchaus nicht begründet; denn es lag in der Natur der Sache, dass diese Arbeit nicht nur physikalisch, sondern auch mathematisch durchgebildete Leser voraussetzte. Wir wissen, dass es Helmholtz jetzt und später liebte, viele Theile seiner Abhandlungen bisweilen vier- bis sechsmal umzuschreiben, die Anordnung des Ganzen hin und her zu werfen, bis er einigermaassen damit zufrieden war, und dass er eine Untersuchung nie für fertig abgeschlossen hielt, ehe sie vollständig und ohne logische Lücken schriftlich und correct formulirt vor ihm stand. So antwortet auch Helmholtz, der schon früher seinem Vater geschrieben, dass er gerade auf die Form dieser Abhandlung besondere Sorgfalt verwendet habe: „was die Darstellung in dem Aufsatze betrifft, so hat sie mir gerade dieses Mal viele Mühe gemacht, und ich glaubte zuletzt, mit ihr zufrieden sein zu dürfen. Aber es ist richtig, je mehr man daran ausbessert, desto schwerer wird es oft zu verstehen. Uebrigens war das Thema auch schlimm zu behandeln."

In der Arbeit „Ueber die Dauer und den Verlauf der durch Stromesschwankungen inducirten elektrischen Ströme", veröffentlicht in den Poggendorff'schen Annalen, entwickelt er zunächst ein mathematisches Princip, dessen Bestätigung durch eine lange Reihe mühsamer Versuche ihm grosse Freude bereitete. Zugleich gewährte es ihm die Genugthuung, dass F. Neumann mit Hülfe der in dieser Abhandlung aufgestellten Principien im Stande war, für das bereits bei Seite gelegte Problem der Stromvertheilung in einer unter zwei Magnetpolen rotirenden Kupferscheibe die Integrationen auch mit Berücksichtigung der secundären Inductionen durchzuführen und Theoreme aufzustellen, welche sich experimentell prüfen liessen. Enthält eine elektrische Leitung voltaische Elemente und eine Spirale, und ist J die Intensität des Batteriestromes, W der Widerstand der Leitung in absoluten Einheiten, t die Zeit und P das nur von den geometrischen Verhältnissen abhängige Potential der Spirale

auf sich selbst, so wird ein ruhender Magnet durch den inducirten Strom allein genommen um einen Bogen abgelenkt, welcher P und J direct, W umgekehrt proportional ist, während, wenn der Batteriestrom allein in der sehr kurzen Zeit t auf den Magneten wirkt, ein dem Producte von J und t proportionaler Ausschlag verursacht wird, woraus unmittelbar folgt, dass der Batteriestrom in der Zeit, welche sich als Quotient von P und W darstellt, gerade so viel wirkt, als der ganze inducirte Strom. Nun war durch Dove bekannt, dass die Intensität des inducirten Schliessungsgegenstromes immer kleiner ist als die des inducirenden Stromes, und dass der schwächere Strom mehr Zeit braucht, um dieselbe Wirkung hervorzubringen, als der stärkere, und daraus ergab sich wieder leicht, dass das Minimum der Dauer des Schliessungsgegenstromes der Quotient P durch W ist. Da man aber dieses Minimum beliebig vergrössern kann, indem man den Widerstand W der Leitung verringert, und das Potential P der Spirale durch Vermehrung der Masse derselben vergrössert, so kann man — und dies ist der wesentliche Punkt der gedanklichen Entwickelung — bewirken, dass die Zeit, welche der Strom gebraucht, um in der ganzen Leitung dieselbe Stärke zu erreichen, gegen jene Dauer verschwinde, und man wird somit Bedingungen herstellen können, unter welchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität durch die Leitung verschwindend klein ist gegen solche Zeittheilchen, während welcher sich die Intensität des Stromes nicht merklich ändert. Dadurch war aber die nothwendige Bedingung für die Anwendung des Ohm'schen Gesetzes, nämlich die Ausgleichung der Stromstärke durch die ganze Länge der Leitung, erfüllt, indem die Aenderungen der Intensität inducirter Ströme so langsam vor sich gehen, dass sich fortdauernd die Stromstärke in der ganzen Leitung ausgleichen kann, und es bestimmt sich dann vermöge des Ohm'schen Gesetzes die in einer einfachen Leitung vorhandene Stromintensität unter der

Voraussetzung, dass die elektromotorische Inductionskraft nur um verschwindend kleine Zeiträume hinter der inducirenden Stromesschwankung zurückbleibe, in Form einer Exponentialfunction der Zeit. Nachdem Helmholtz dieses Exponentialgesetz durch interessante mathematische Betrachtungen noch auf verzweigte Leitungen ausgedehnt, prüfte er dasselbe durch Einführung einer neuen Art galvanischer Wippe, die es gestattete, die Zeit zwischen der Schliessung und Oeffnung eines Stromes beliebig zu verändern, experimentell, indem er die Zeit nicht direct mass, sondern mit Hülfe einer Modification des Verfahrens von Pouillet dieselbe aus den Wirkungen der Ströme auf einen Magneten berechnete, und konnte so mit Bezug auf die oben erwähnte Voraussetzung, dass die inducirte elektromotorische Kraft gleichzeitig vorhanden sei mit der inducirenden Stromesschwankung, nachweisen, dass $^1/_{10\,000}$ Secunde nach der Unterbrechung des Stromes einer Spirale keine inducirende Wirkung mehr stattfindet. Damit waren aber mathematisch streng und unwiderlegbar die Zeitunterschiede, die den elektrischen Strömen angehören, getrennt von denen bei den Nervenwirkungen, und er konnte sich nun wieder nach Beseitigung der möglichen Zweifel in Betreff der Genauigkeit der angewandten Methoden den schwierigen Untersuchungen über Nervenreizung zuwenden, die seine ganze Arbeitskraft während des Restes des Jahres 1851 in Anspruch nahmen.

In den Herbstferien 1851 führt Helmholtz die schon im Frühjahr projectirte Reise zur Besichtigung der physiologischen Institute aus, lässt Frau und Kind bei seinen Verwandten in Dahlem und besucht zunächst die ihm noch von Berlin her befreundete Familie des Professor Heintz in Halle, bei der er einige Tage zur Erholung verweilte, um sich dann nach kurzem Aufenthalte in Kassel nach Göttingen zu begeben. Sein erster Gang war zu Professor Ritter, seinem alten Lehrer am Potsdamer Gymnasium

und dem treuen Freunde seines Vaters, in dessen Begleitung er sich „die kleine Stadt ansah, ein wenig besser gebaut als Halle und Königsberg, deren Angelpunkt die Universität ist“ und suchte dann, wenn auch durch die Anwesenheit des Königs etwas gehindert, die Professoren auf, „die Aristokratie der Stadt; man merkt ihnen an“, schreibt er seiner Frau, „dass sie ihre Würde fühlen, und etwas geneigt sind, die Leistungen ihres Kreises besonders hoch anzuerkennen. Mir gegenüber haben sie das nicht geltend gemacht, wenn sie aber von dritten Personen sprachen, fühlte man das durch“. Aus seinen ausführlichen Schilderungen geht hervor, dass ihm der Aufenthalt unter den Göttinger Gelehrten sehr zugesagt:

„Ich fand hier noch mehr Leute zu besuchen, als ich anfangs beabsichtigt hatte, und Einrichtungen zu sehen, an denen die Kosten nicht gespart sind. Der Physiolog Wagner, ein älterer Mann, dem man etwas das Bewusstsein seiner Wichtigkeit anmerkt, und der auch offenbar viel Gefühl dafür hat, dass er vom Könige berücksichtigt wird (der Titel Hofrath gilt hier mehr als Professor), ist nicht ganz im Niveau der jetzt nöthigen physikalischen Kenntnisse, aber er fühlt das, und ist vorsichtig genug, sich nicht zu verlaufen. Der Physiker Weber, nach Neumann wohl der erste mathematische Physiker Deutschlands, zeigte mir mit etwas weniger lächelnder Freundlichkeit als sein Bruder in Leipzig viel interessante physikalische Apparate von grosser Vollendung. Dann war da noch ein jüngerer Anatom und Physiolog Bergmann; ein Augenarzt Ruete, der werthvolle Arbeiten für die Physiologie des Auges geliefert hat; ein sehr kenntnissreicher Chirurg Baum, kürzlich aus Greifswald berufen; ein mathematischer Optiker Listing, auf den ich bisher noch nicht aufmerksam gewesen war, der es aber offenbar in hohem Grade verdient; endlich ein Philosoph Lotze, der viel über die Prinzipien der Pathologie und Physiologie gearbeitet hat, aber leider zu hypo-

chondrisch und in sich gekehrt ist, als dass ein geistiger Verkehr wenigstens in so kurzer Zeit mit ihm möglich wäre. Auch diese Leute nahmen mich alle mit grosser Achtung und Freundlichkeit auf, gaben mir alle Zeit, die ihnen übrig war, und es war mir angenehm zu sehen, dass sie sich in meine etwas schwierigen Nervenarbeiten hineingearbeitet haben und damit übereinstimmen, oder doch wenigstens, wie es scheint, durch die Urtheile Weber's hinlängliches Vertrauen in meine physikalischen Kenntnisse haben, um an meine Resultate zu glauben. Vortrefflich für meine Reise ist der Augenspiegel; ich demonstrirte ihn heute Morgen, er erregte auch hier eine Art von Sensation. Heute Abend werden mich noch mehrere von ihnen, falls sie der König nicht befiehlt, spazieren führen. Dagegen war ich überrascht, dass sie an die Arbeiten von du Bois nicht recht heran wollen, sie zweifeln hier, und zweifeln da, wollen die Wichtigkeit der Arbeiten nicht recht zugeben, und ich habe ihn sehr lebhaft vertheidigen müssen. Namentlich ist es das Urtheil des hiesigen Weber und der Pariser Commission, dann auch mangelndes Verständniss, worauf sich das gründet. Solche kleine Einfälle wie der Augenspiegel sind mehr geeignet, Eindruck zu machen; zwei dergleichen Instrumente sind schon bestellt worden bei Rekoss, eines von Blasius in Halle und eines von Ruete hier. Meine Froschcurven demonstrire ich auch überall."

Von Göttingen fuhr Helmholtz über Marburg, wo er Knoblauch und den Physiologen Nasse aufsuchte, nach Giessen, in der Hoffnung, Liebig, den er sehr verehrte, kennen zu lernen.

„Liebig, der König der Chemiker, wofür er sich selbst und seine Schüler ihn halten, war leider verreist; er ist in London, um die Ausstellung zu besehen und sich von den Engländern fetiren zu lassen. Ich hätte ihn gern kennen gelernt. So konnte ich mir nur von seinem Sohne, einem jungen Arzte, der eine Zeit unter du Bois physio-

logisch gearbeitet hat, aber wohl Practiker werden wird, des Vaters leeres Laboratorium zeigen lassen, zu welchem die Schüler aus ganz Europa und Amerika zusammenströmen, um sich praktisch einzuüben. Ich war erstaunt, gar keine besonders bedeutenden Einrichtungen, dagegen alles von Dreck starren zu finden; Laboranten waren wenige da. Es machte einen seltsamen Gegensatz zu den mindest ebenso zweckmässigen, viel besser versehenen, wohlgeordneten und gereinigten Laboratorien von Heintz u. A. Aber man sieht, die äusseren Dinge machen es nicht. Denn trotz aller Eitelkeit ist Liebig doch der bedeutendste der lebenden Chemiker und als Lehrer von ungeheuer ausgebreitetem Einfluss."

Nachdem er noch Eckhard besucht, der ihn mit den übrigen Giessener Naturforschern eingeladen, und welcher „der einzige jüngere ist, der in du Bois', Brücke's und meine Richtung hinein nachwächst", reist er über Frankfurt, wo er wieder im städtischen Museum in alter Neigung bei Lessing's Huss, Ezzelino und zwei kleinen Landschaften von demselben schwärmte, nach Heidelberg, wo er Henle aufsuchte, dessen Anstalten er für Anatomie ausgezeichnet, für Physiologie äusserst dürftig fand. Henle theilte ihm nun mit, dass er nur in Folge von Zerwürfnissen mit Tiedemann gezwungen sei, sämmtliche anatomische Collegia, dazu Physiologie und allgemeine Pathologie provisorisch zu übernehmen, und nun verlange, dass neben ihm ein Physiologe angestellt werde. „Er eröffnete mir", schreibt Helmholtz seiner Frau, „eine für unsere Zukunft vielleicht erfolgreiche Angelegenheit; er und die jüngeren Professoren der medicin. Facultät streben nämlich danach, mich nach Heidelberg berufen zu lassen ..... Sehen wir also, was geschieht, der Wirkungskreis in Heidelberg wäre nicht übel, die Deutschen haben sich etwas fortgewöhnt, weil es gegenwärtig auch an Lehrern mangelt, aber es kommen noch die Schüler aus Nordamerika, Brasilien, England, Frankreich,

Griechenland, Russland.“ Nach mehrstündigem Aufenthalt in Baden-Baden fuhr er nach Kehl und wanderte über die Rheinbrücke in die Republique française ein. „Da hat man viel, um sich zu amüsiren. Ueberall prangt die Liberté, Fraternité und Egalité, an jedem öffentlichen Gebäude Proprieté de la Nation, an vielen Privathäusern andere fürchterlich demokratische Wahlsprüche. Das Landvolk und die niederen Klassen der Stadt erscheinen ganz wie in Baden, nur scheinen sie stumpfsinniger zu sein, in den besseren Stadttheilen sieht es aber ganz französisch aus. Ich bestieg zuerst den Thurm des Münsters. Leider ist der Dom sehr geflickt; was von Erwin von Steinbach herrührt, gehört zum Schönsten, was man sehen kann, aber der ältere hintere Theil der Kirche und die neueren Zuthaten (oberstes Stück der Vorderfront und eine zugesetzte Etage des Thurms) sind störend. Auch im Innern ist Erwin durch die älteren Theile, denen er sich anschliessen musste, genirt worden; doch macht es theilweise sich äusserst imposant und edel.“

Nachdem er den Freiburger Dom bewundert, „dessen Inneres wieder ungleichmässig ausgeführt, zum Theil aber sehr feierlich und edel ist, während die gothischen Formen des Chors ganz entartet und schnörkelhaft sind“, sah er sich „das Weltwunder“ in Schaffhausen an und empfängt davon einen ganz überwältigenden Eindruck:

„. . . . Ich stieg den Berg herab an das Ufer; da sah er zwar grösser aus, mehr wie ein Wasserfall, indessen legte ich mich doch etwas ärgerlich in das Bett. Am anderen Tage freilich sah ich ihn anders. Man kann nämlich bei Abend die Grössenverhältnisse nicht erkennen, weil rings herum 200 bis 300 Fuss hohe steile Felsenberge stehen, gegen welche der 60füssige Wassersturz nur klein aussieht, und man sieht die Hauptschönheit des Falles, die dunkelgrüne wunderbare Farbe des Wassers nicht, die in ihrer Mischung mit dem weissen Schaum die herrlichsten Effecte macht. Erschütternd ist aber der Eindruck, wenn man auf ein Gerüst

geht, welches am Rande des herabstürzenden Wassers erbaut ist, wo man in nächster Nähe die furchtbare in Schaum und Nebel aufgelöste Wassermasse an sich vorbeistürzen sieht. Anfangs kann man den Anblick kaum aushalten, es vergeht einem die Luft, und man glaubt mit fortgerissen zu werden. Nachher aber habe ich trotz der häufig überspritzenden Wellen im Anblick dieser Kraft und Bewegung geschwelgt und konnte mich lange nicht losreissen. . . . . . Am Freitag Abend kam ich nach Zürich, suchte mir Ludwig auf, der mich äusserst herzlich empfing. Er ist eine wirklich edle und liebenswürdige Natur und hat sich noch sehr dadurch verbessert, dass er das burschikose Wesen von ehemals abgelegt hat. Daran ist wahrscheinlich seine Frau schuld, welche ich bisher nur in Bezug auf ihr stilles verständiges Wesen kennen gelernt habe. . . . Er ist ein Mann von der grössten Herzensgüte und hat sich eine rasende Vorstellung von meinen Vortrefflichkeiten gemacht, in die ihn zum Theil du Bois hineingeredet hat. Wenn Du alle Lobeserhebungen gehört hättest, Du wärest gewiss mit ihm zufrieden gewesen. Dabei ist er ungeheuer fleissig, arbeitet sich immer mehr und mehr in der besten Richtung weiter, wird von den Studenten, wie mir mehrere äusserten und zeigten, schwärmerisch geliebt, so dass ich ausser dem Guten, was er schon geleistet hat, noch Grösseres von ihm hoffe. Aber er ist etwas matter Stimmung und hypochondrisch, wohl von dem zu angestrengten Arbeiten. Er war unablässig bemüht, mir Unterhaltung zu verschaffen und namentlich dabei alle anderen Leute entfernt zu halten, um sich mit mir allein besprechen zu können. Das Letztere haben wir denn auch über alle möglichen physiologischen und physikalischen Gegenstände gethan. . . . . Vormittags war ich mit Ludwig meist auf der Anatomie, sah Versuche, Instrumente, Sammlungen, Nachmittags trieben wir uns in der Umgegend herum, mit Ausnahme eines Regentages . . . .“

Von hier aus tritt er nun seine erste Schweizerreise an und besucht alle die Orte, die er noch so oft in seinem Leben wiedergesehen, und in deren Beschreibung er in den Briefen an seine Frau den gewonnenen Eindrücken jugendfrischen und enthusiastischen Ausdruck verleiht, zugleich aber wissenschaftlichen und ästhetischen Anschauungen Raum giebt, die wir später vielfach in seinen Arbeiten und Vorträgen wiederfinden; es mögen aus den vielen und ausführlichen Briefen hier nur die wenigen Zeilen eine Stelle finden, welche er vom Rigi aus geschrieben, dem ersten hohen Berge, den er bestiegen und den er in seinem späteren Leben noch oft zur Erholung von schwerer geistiger Arbeit aufgesucht:

„Wir liessen uns von einem Jungen unsere Sachen auf den Rigi schleppen und schleppten uns hinterher. Aber Olga, eine solche Aussicht! Ich weiss nicht, ob es noch eine zweite giebt. Der Berg selbst ist 5500 Fuss hoch, d. h. 4000 über den anliegenden Seen und verschwindet zwar gegen die zwei- bis dreimal so hohen Alpen, aber ebenso verschwinden gegen ihn die Berge der Ebene. Auf der einen Seite hat man die gewöhnliche Aussicht von hohen Bergen in die Ebene, hier nur verschönt durch den Zuger und Vierwaldstädter See, die mit der klaren grünen Farbe der Alpenwässer so dicht zu Füssen liegen, dass man meint, beim Ausgleiten müsse man in das Wasser fallen. Nach der anderen Seite liegt in der malerischsten Gruppirung die Gletscherkette mit ihren ganz unglaublich ungeheuren Massen und weissen Schneefeldern. Mit dem Anblick ist gar nichts, was ich sonst gesehen, zu vergleichen. Gestern Abend war die Ebene ziemlich klar, das Gebirge aber von Wolken durchzogen, nur die Köpfe waren frei. Beim Sonnenuntergang, der durch Wolkenbänke gestört worden, war aber die helle röthliche Erleuchtung der Gletschermassen gegen die schwarzen, von Nebel durchzogenen Waldthäler, welche man unter den Wolkenbänken sah, und die fast graulich er-

schienen, höchst überraschend. Unser Sonnenaufgang heut war äusserst imposant. Die Seen und Wasser führenden Thäler waren mit einer weissen Wolkenschicht bedeckt, welche frappant an zerzupfte Watte erinnerte. Aus ihr stiegen aber in der grössten Klarheit sämmtliche Berge fern und nah hervor, so dass wir nun den ganzen Zusammenhang der Gletscherreihe vor uns hatten, über uns war der Himmel rein und blau. Nachdem schwache Spuren einer Morgendämmerung sich gezeigt hatten, leuchtete auf einmal die höchste Spitze, das Finsteraarhorn, im Tageslicht, bald folgten andere Gletscher. Was das für einen Effect über den dunklen nächtlichen Waldthälern machte, ist nicht zu beschreiben. Auf einmal quillt die Sonne hinter einem fernen Bergrücken hervor, nicht roth, sondern in vollem weissen Licht, ohne alle Ankündigung durch eine intensivere Erhellung des Orts, wo sie heraufkommen musste, so dass Niemand ihr Erscheinen und dessen Ort vorher ahnen konnte. Nun dauert es aber noch lange, ehe sie bis zu dem tiefern Berg- und dem Nebelmeere kam, wo denn Anfangs der Rigi einen kolossalen Schatten bis an den äussersten Horizont warf. Jedenfalls ist die Sache mit Worten gar nicht klar zu machen und deshalb, Olga, wäre es am besten, Du reisetest selbst hierher und liessest Dir die Mühe nicht verdriessen, hinaufzuklettern . . . ."

Von Fluelen aus wandert er über den Gotthard und den Furkapass zum Rhonegletscher, dessen blaue Eisfläche durch ihre Mächtigkeit und Schönheit einen tiefen Eindruck auf ihn macht, „unter Gletschern musst Du Dir nicht die schneebedeckten Bergspitzen denken, sondern Eismassen, welche von diesen aus in die Thäler hinabgleiten, unten abschmelzen und von oben sich fortdauernd erneuern. Denke Dir den Brauhausberg bei Potsdam aus Eis gebildet und in ein enges Thal zwischen riesengrossen Felsbergen eingepackt, dazu noch einen 1000 Fuss hohen Absturz, auf dem die Eisblöcke aufgethürmt sind, welche zur Erneuerung der untern

Massen herabstürzen, und das Ganze mit unzähligen himmelblauen Spalten durchzogen, so hast Du ungefähr ein Bild des Rhonegletschers". Nachdem er sich dann an der entzückenden Schönheit des Rosenlauigletschers erfreut, durch dessen Eis die Sonnenstrahlen mit dem schönsten Ultramarinlicht drangen und alle Spalten mit dieser Farbe ausfüllten, bestieg er das Faulhorn, besuchte den oberen Grindelwaldgletscher und hielt sich dann einige Tage in Interlaken auf, von wo aus er auch wieder mit seinen Freunden du Bois, Brücke und besonders Ludwig, mit dem ihn das Zusammensein in Zürich noch enger als früher verbunden hatte, die Correspondenz über wissenschaftliche Fragen aufnahm; interessant ist der Brief an letzteren auf die Anfrage in Betreff einer in Zürich zu besetzenden Professur der Physik:

„. . . dagegen glaube ich, würdest Du mit Kirchhoff in Verbindung Grosses zu Stande bringen können; Kirchhoff ist von dem bewunderungswürdigsten Scharfblick und Klarheit in den verwickeltsten Verhältnissen — ich wünsche es Dir und der Physiologie sehr, dass Kirchhoff zu Euch komme."

Nach Ueberschreitung der Gemmi besuchte er das Bad Leuk, wandte sich dann theils zu Fuss, theils zu Pferde dem Lago Maggiore zu und von dort über Como nach Mailand, „einer grossen prächtigen Stadt mit allem Glanz des italienischen Lebens. . . . An Schönheit der Form steht der Dom, Mailands Glanzpunkt, den gothischen Domen Deutschlands bei weitem nach. Die gothischen Formen sind nur willkürliche Verzierung daran, aber geschmackvoll angewendet, und nun diese Unzahl von Spitzsäulen und Strebebögen und gut gearbeiteten Statuen, alles aus weissem Marmor, gegen den blauen Himmel zu sehen, ist ein Anblick, dessen Pracht man sich gar nicht vorstellen kann. . . . Wir sahen noch die Ruinen von Leonardo da Vinci's Prachtstück, dem Abendmahl, und die Gemäldesammlung im Palast Brera. . . ."

Endlich gelangt er in die Stadt, die zu sehen er sich schon als Knabe so sehr gewünscht hat:

„Venedig ist die Stadt der Wunder, ein lebendes Märchen. Trotz allem was man an Bildern gesehen, an Beschreibungen gehört hat, der Anblick übertrifft alles. Der Marcusplatz mit seiner moscheenartigen bunten Kirche, zwischen den Palastreihen eingeschlossen, mit zahllosen Gaslichtern, darüber der tiefblaue Mondscheinhimmel und einige Schritte weiter das tiefblaue Meer, dazu die wogende, wie zu einem Fest versammelte Menschenmenge, das ist ein unbeschreibliches Bild. Gestern und heut sind wir in grosser Gesellschaft herumgezogen, um alle Wunder zu sehen; man wird aber fast erdrückt von diesen Eindrücken. Die historischen Erinnerungen, die ungeheuren Reichthümer, welche Venedig aus der halben Erde zusammengeschleppt hat, diese Kunstschätze, welche grösstentheils in voller Farbenfrische noch prangen, sind gar nicht zu übersehen, ... während man sich in Deutschland nur spärliche Begriffe von der italienischen Kunstblüthe machen kann, schöpft man hier aus dem Vollen. Ich ging allein zur Akademie, um die grösseren Bilder ordentlich zu geniessen, und ich habe es nicht bereut, sondern wirklich einen grossen Genuss gehabt, den man sich in Deutschland gar nicht verschaffen kann. Es ist hier eine Sammlung von Meisterwerken der älteren Venetianer, das Hauptwerk Tizian's: Himmelfahrt Mariä, von der ich früher schon Kupferstiche gesehen hatte. Aber hier sind Kupferstiche noch schlechterer Ersatz als Clavierauszüge aus Symphonien, denn die unbeschreibliche Schönheit des Werks liegt in der ordentlich berauschenden Farbe und dem Licht. Aehnliches habe ich weder gesehen, noch kann man es sich vorstellen, ohne es gesehen zu haben, weil diese Art der Schönheit unseren deutschen Bildern ganz fern liegt. Dieses eine Bild findet nun allerdings auch unter den übrigen italienischen, die ich hier sah, nicht seines Gleichen, aber viele haben doch immer

noch einen wunderbaren Grad dieser Freudigkeit in der Farbengebung, und man begegnet einer grossen Anzahl der verklärtesten und idealsten Menschenköpfe, die man sich denken kann. Als ich mit der Akademie fertig war, mochte ich weiter nichts mehr sehen, bereitete meine Abreise vor, strich noch etwas durch die Strassen, hörte gegen Abend die Musik auf dem Marcusplatz und gondelte endlich um 10 Uhr nach dem Dampfschiffe. Als wir absegelten, war der Mond aufgegangen, wir schieden von den Palästen und Gaslichtern des schönen Venedig und gelangten durch die Mündungen der Lagunenkanäle in das stille blaue adriatische Meer."

Von Venedig reiste nun Helmholtz über Triest nach Wien, wohin ihn besonders die alte Freundschaft mit Brücke zog, dem er nun persönlich seinen Augenspiegel bringen konnte.

„Wegen der frühen Stunde fuhr ich erst mit Herrn R. in dessen Gasthaus, machte mich zum Menschen, frühstückte und ging dann gegen 9 Uhr zu Brücke. Dieser empfing mich sehr erfreut, und ich wurde gleich bei ihm einquartirt. Gleich nach mir erschien auch Prof. Wagner aus Göttingen und am andern Tage Prof. Bunsen aus Breslau, einer der genialsten unserer Chemiker, so dass wir hier eine ganz gelehrte Gesellschaft bilden. Brücke ist ganz der alte, sieht etwas wohler aus, ist immer heiter, ruhig und freundlich; seine Frau ist hübsch und ebenfalls von angenehmem heiterem Wesen.

..... Von Wien habe ich bis jetzt fast nur Wissenschaftliches gesehen, weil es meist regnet. Am Freitag zeigte Brücke zunächst seine physiologischen Einrichtungen und liess uns lebende Chamäleons bewundern, äusserst kuriose Thiere von frappant ägyptischem Nationalcharakter. Nachmittag konnten wir einen kleinen Spaziergang machen, wobei wir überlegten, wie dem du Bois zu helfen sei, aber nichts herausbrachten. Abends Augenspiegel für Brücke.

Sonnabend Morgens stellte ich mich im Leichenhause des mächtigen Krankenhauses dem berühmten patholog. Anatomen Rokitansky vor. Dann führten Brücke und Wagner einen Wettkampf ihrer vortrefflichen Mikroscope, wo beide siegten; nachher demonstrirte ich Wagner und seinen Begleitern und Bunsen den Augenspiegel, Nachmittag Brücke meine Inductionsarbeit. Abends Gesellschaft beim Philosophen Lott, wo Wagner und mehrere Wiener Professoren waren. Es war ein angenehmer gemüthlicher Ton, aber zuweilen gab es Reihen etwas trivialer Anecdoten.

Sonntag. Früh liessen wir uns von Rokitansky die höchst ausgezeichnete Sammlung der patholog.-anatomischen Präparate demonstriren, sahen dann die weltberühmten Sammlungen der Wachspräparate. Nachmittags wurde eine verabredete Partie nach Schönbrunn durch das Wetter verdorben. Brücke, Wagner und ich sahen deshalb zuerst zwei berühmte Bildwerke von Canova an, ein Grabmal einer Prinzessin in der Augustinerkirche und die Statue des Theseus im Volksgarten. Beide waren aber nicht im Entferntesten mit dem zu vergleichen, was ich in Italien gesehen hatte. Dann spazierten wir um die Stadt herum auf den Wällen, wo es ziemlich hübsch ist, flohen vor einem Gewitter in Wagner's Gasthof und schwätzten eine Weile klug mit ihm.“

Ueber diese Unterhaltung schreibt er einige Tage später an Ludwig: „.... Auch Rudolph Wagner war dort und wollte gern unsere Meinung über den Zusammenhang der Seele mit dem Körper und andere dunkle Punkte der Physiologie wissen; er scheint sich viel mit solchen Sachen herumzuquälen, über die vorläufig noch garnichts zu sagen ist. Auch Bunsen war dort und beschwatzte mich, mit ihm nach Breslau zu gehen.“

Nachdem nun Helmholtz die Seinigen in Dahlem abgeholt und geistig und körperlich erfrischt mit diesen nach Königsberg zurückgekehrt war, geht er sogleich wieder an

die Fortsetzung seiner Versuche über Nervenreizung, deren Bedeutung von den Physiologen allmählich immer mehr anerkannt wurde; zum Geburtstage seines Vaters erfreute er diesen durch die Mittheilung:

„Die französische Akademie zeigte mir in einem sehr höflichen Schreiben an, dass sie eine Commission ernannt hat, um über meine Einsendungen, die Zeitmessungsversuche betreffend, einen Bericht zu erstatten. Vorläufig wird nun die Commission sich wohl ausser Stande sehen, einen Bericht zu verfertigen, da sie nicht sogleich die Versuche werden nachmachen können, aber es zeigt doch, dass sie die Sache zu berücksichtigen anfangen.

Meine hiesigen amtlichen Verhältnisse sind unverändert; nur habe ich unter der Hand erfahren, worüber ich Euch aber nicht weiter zu sprechen bitte, dass meine Facultät den Antrag an das Ministerium abgeschickt hat, mich zum ordentlichen Professor zu ernennen. Von Heidelberg habe ich noch nichts weiter gehört. Eine zweite Abhandlung über Zeitmessungen ist druckfertig; in den Weihnachtsferien werde ich einen Bericht über die Arbeiten von du Bois für die Kieler Monatsschrift ausarbeiten.“

Nachdem er die Bearbeitung seiner Versuche über die graphische Darstellung der Nervenfortpflanzungszeit an Fröschen Johannes Müller für das Archiv überschickt hat, verfasst er in der That in den Weihnachtsferien und in den ersten Wochen des neuen Jahres auf Karsten's Aufforderung seinen ursprünglich zu einem populären Vortrag bestimmten Bericht über die thierisch-elektrischen Arbeiten der Neuzeit; am 2. Februar 1852 theilt er du Bois mit, dass er bei Gelegenheit der Durcharbeitung seines Buches zum Zwecke der Zusammenstellung der thierisch-elektrischen Untersuchungen ein Theorem gefunden habe, welches ihm die Schwierigkeiten über das Zusammenwirken der einzelnen Theile des Muskels vollständig zu lösen scheine, und liefert ihm aus der Combination der Principien der elektrischen

Spannungen und der Superposition der Ströme den Beweis des Satzes, dass, wenn in einem beliebig gestalteten Leiter elektromotorische Kräfte beliebig vertheilt sind, alle Wirkungen, welche der Leiter nach aussen hin hat, d. h. alle abgeleiteten Ströme, die er in beliebigen linearen oder nicht linearen Bögen giebt, sich ersetzen lassen durch eine Vertheilung elektromotorischer Kräfte an seiner Oberfläche, gerade so wie die Wirkungen eines Magneten nach aussen durch eine Vertheilung magnetischer Fluida an seiner Oberfläche.

Ueber die von Helmholtz beabsichtigte Darstellung der Untersuchungen von du Bois schreibt ihm dieser am 9. Februar: „Es ist gewiss, dass sie besser sein wird, als ich selbst sie zu geben vermocht hätte, und auch gewiss, dass sie der Verbreitung der Sache sehr nützlich sein wird, ich schulde Dir daher grossen Dank.“ Aber das ihm mitgetheilte Theorem von der elektrischen Vertheilung, das manche seiner Resultate zu erschüttern droht, bringt ihn ein wenig in Aufregung: „Ich muss gestehen, dass mir Dein Theorem nicht einleuchten will; es scheint mir entweder nicht neu oder nicht fördernd oder falsch.“ Aber Helmholtz, dessen mathematische Begründung für jenen fundamentalen Satz nichts zu wünschen übrig liess, liefert ihm einen neuen, freilich auch der mathematischen Hülfsmittel nicht entbehrenden Beweis und fügt hinzu: „In Kirchhoff's und Smaasen's Aufsätzen habe ich das Theorem nicht gefunden. Neumann hatte es aber bei seinen Untersuchungen über Inductionsströme schon gefunden und angewendet. Da aber deren Veröffentlichung nicht so bald bevorsteht, bin ich mit ihm übereingekommen, dass ich es veröffentlichen werde.“

„Endlich habe ich Dein Theorem capirt“, antwortet ihm du Bois, „dies wäre etwas, was sich in der Akademie vorlegen liesse, verfahre aber glimpflich mit mir, wenn Du die Sache bekannt machst“. In der That bildet dasselbe einen Theil der noch in demselben Jahre erschienenen Arbeit.

Inzwischen hatte das preussische Ministerium nicht gezögert, dem Vorschlage der medicinischen Facultät nachzukommen und dem überall als Physiologen und Physiker ersten Ranges anerkannten Helmholtz das Ordinariat für Physiologie zu übertragen; durch königliche Ordre vom 17. December 1851 wurde derselbe zum ordentlichen Professor ernannt.

Vier Wochen später schreibt die glückliche Mutter:

„Die Königsberger Briefe sind gar zu reizend durch Inhalt und durch die Art, wie der Inhalt mitgetheilt wird. Vater und ich lachen und weinen zugleich dabei und lesen immer wieder, bis kein Buchstabe mehr darin ist, der irgend noch eine besondere Geschichte erzählen könnte; es sind ordentliche Hauptfreuden.

Vater wird sehr oft von Generalärzten und andern geachteten Herren sehr viel Schmeichelhaftes über Dich gesagt; er selbst findet es höchst merkwürdig, dass ein so junger Mann, wie Du, so viel schon erreicht hat; er denkt dabei an seine Freunde Ritter und Fichte, wie lange der eine warten musste, trotz seiner Tüchtigkeit, ehe er im Auslande den Standpunkt erreichte, den der andere heute noch nicht hat. Vater kann gar die Worte nicht mehr wiederfinden, wenn er mir die Glückwünsche mittheilen will, und ist immer ganz voller Staunen über die Anerkennung, die Dir zu Theil wird, wir freuen uns sehr."

Während sich nun Helmholtz mit der für die Uebernahme der ordentlichen Professur erforderlichen Habilitationsschrift beschäftigte, zu deren Gegenstand er sich ein Thema aus der physiologischen Farbenlehre wählte, erschien in Müller's Archiv der zweite Theil seiner grossen Untersuchungen aus der Physiologie der Muskeln und Nerven unter dem Titel: „Messungen über Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven". Wenn er auch bereits in dem ersten, früher veröffentlichten Theile mit Hülfe der elektromagnetischen Zeitmessungsmethode nachgewiesen hatte, dass

die mechanischen Wirkungen der Muskeln in Folge einer Nervenreizung später eintreten, wenn die Reizung ein längeres Stück des Nerven zu durchlaufen hat, ehe sie zum Muskel hingelangt, so erforderte doch die Anwendung dieser Methode mühsame Versuchsreihen und eine wegen der langen Dauer besonders günstige Beschaffenheit der Froschpräparate. Er war daher bestrebt, durch Anwendung einer schon in dem ersten Theile der Arbeit erwähnten graphischen Zeitmessungsmethode, bei welcher der Muskel während der Zuckung die Grössen seiner Verkürzung auf einer bewegten Fläche aufschreibt, einen einfacheren Nachweis für die von ihm gefundene Grösse der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven zu führen. Nachdem Ludwig schon durch sein Kymographion den Blutdruck in den Gefässen eines lebenden Thieres seine Schwankungen hatte verzeichnen lassen, construirte Helmholtz zur graphischen Darstellung der Verkürzung eines Muskels sein Myographion, dessen Princip darin bestand, dass ein Stift, der durch den zuckenden Muskel gehoben wird, auf einer mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegten Fläche eine Curve zeichnet, deren verticale Coordinaten den Verkürzungen des Muskels, deren horizontale der Zeit proportional sind; lässt man nun zwei Curven nach einander zeichnen, und zwar so, dass zur Zeit der Reizung der Zeichenstift immer genau dieselbe Stelle auf der Fläche einnimmt, so werden beide Curven denselben Anfangspunkt haben, und es wird sich aus der Congruenz oder Nichtcongruenz ihrer einzelnen Theile beobachten lassen, ob die verschiedenen Stadien der mechanischen Wirkung des Muskels in beiden Fällen gleich oder ungleich spät nach der Reizung eintreten. Wesentliche Ergänzungen dieser, immer noch am Frosch, mittelst des Myographions angestellten Versuche führte er zwei Jahre später aus.

Zugleich erschien im April in der Kieler Monatsschrift für Wissenschaft und Litteratur der du Bois schon früher in Aussicht gestellte Aufsatz: „Die Resultate der neueren

Forschungen über thierische Elektricität". In meisterhafter Weise liefert er einen historischen Abriss von der Entwickelung der Nervenphysiologie, und erörtert das Interesse, das sich an die Beantwortung der Frage knüpft, „was das geheimnissvolle Agens sei, welches in unscheinbaren Fäden hin und her wirkend die zartesten Abstufungen, die mächtigsten Energieen und mannigfaltigsten Wechsel der Empfindung und Bewegung hervorruft, dieses Agens, das erste Glied in der Kette von Vorgängen, durch welche die empfindende und wollende Seele mit der materiellen Aussenwelt, Einwirkungen empfangend und wiedergebend, in Verbindung tritt". Schon im Jahre 1743 war von dem Leipziger Mathematiker Hausen die Ansicht ausgesprochen worden, dass dieses Agens identisch ist mit der Elektricität. Helmholtz entwickelt nun die Gegensätze von Galvani und Volta, von denen der erste in allen seinen Versuchen die thierische Elektricität als die Quelle der Elektricität angesehen wissen wollte, während der letztere durch seine Theorie der Contactelektricität, die ihn zu den glänzendsten Entdeckungen geführt hat, die der thierischen Elektricität wirklich angehörenden Versuche ganz in den Hintergrund drängte; er hebt weiter die grosse Zahl mühevoller Versuche von Matteucci hervor — auf die er mehrere Jahre später bei anderer Gelegenheit zurückzukommen genöthigt war — und geht endlich auf eine ausführliche Besprechung der Entdeckungen von du Bois ein: „Früchte des angestrengten Studiums und der unablässig auf ein Ziel gerichteten Consequenz von zehn Jahren, in denen der Frosch und die Multiplicatortheilung seine Welt waren, ein seltenes Beispiel methodischer Beobachtung, reicher Kenntnisse und derjenigen Schärfe und Klarheit der Begriffe, deren Schule die Mathematik ist." Nachdem er die wesentlichsten Resultate der Untersuchungen von du Bois zusammengestellt, dessen Versuche er selbst seinen Zuhörern zuerst durch das jetzt so üblich gewordene Verfahren vorführte, einen mit dem asta-

tischen Systeme verbundenen Spiegel einen Lichtstrahl auf eine weithin sichtbare Theilung werfen zu lassen, hebt er hervor, dass einige Physiologen annehmen, was sich bei der Reizung durch die Nerven hin fortpflanze, sei irgend eine bestimmte Bewegungsform ähnlich den Wellen, wie sie sich als Schallwellen in der Luft, als Lichtwellen im Aether fortpflanzen; er fügt hinzu, dass nun auch die elektrischen Erscheinungen auf die Vorstellung einer solchen Bewegung führen, indem die Erwägung der ungemein schnellen Wechsel, welche Richtung und Stärke der elektromotorischen Kräfte darbieten, es wahrscheinlich machen, dass diese Kräfte sehr beweglichen kleinen Theilen des Inhaltes zukommen, und dass durch die Reizung die Richtung dieser Theilchen vorübergehend von der gereizten Stelle des Nerven ab bis zum Muskel und in diesem selbst geändert werde. Den unerwartet niedrigen Werth, der sich ihm selbst für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung ergab, findet er unvereinbar mit der älteren Ansicht vom Nervenagens als einem immateriellen oder imponderabeln Princip, wohl aber vereinbar mit der Annahme von der Bewegung der materiellen Theile des Nerveninhaltes.

Mit dieser Arbeit schloss sich zunächst der Kreis der innerlich eng zusammenhängenden physiologischen Untersuchungen, die er unmittelbar nach Veröffentlichung seiner Dissertation begonnen, und er wandte sich nunmehr der physiologischen Optik zu, für die er neue physikalische Grundlagen schuf, auf denen er als Physiker, Physiologe, Philosoph und Aesthetiker einen Bau aufrichtete von einem Umfange und einer Sicherheit, wie er vor ihm nicht geahnt wurde, und der bis heute Staunen und Bewunderung erregt.

Schon früher hatte er umfangreiche Versuche, das Mischungsgesetz der Farben betreffend, angestellt, um einen bei Newton vorkommenden Irrthum aufzuklären, der sich durch alle folgenden Jahrhunderte hindurchgezogen hatte, und war auch schon seit seinem Besuche in Wien mit

Brücke, der sich gerade mit hierher gehörigen Untersuchungen viel beschäftigte, darüber in schriftlichen Gedankenaustausch getreten. So schrieb Brücke am 22. December 1851 an Helmholtz:

„Bekanntlich erklärt Goethe in seiner Farbenlehre peinlichen Andenkens alle Farben aus der Ueberschiebung des Hellen und Dunkeln, und stützt sich hierbei auf die bekannte Thatsache, dass durchscheinende Medien vor einem dunkeln Grunde violetgrau, blaugrau und blau erscheinen können, während sie im durchfallenden Lichte braun, gelb oder roth erscheinen. Ich bin bei meinen Untersuchungen über die Chamäleone aufmerksam darauf geworden, wie oft namentlich im Thierreiche auf diesem Wege sehr lebhafte Farben hervorgebracht werden, und finde die Erscheinung vom Standpunkte der Undulationstheorie aus nirgends erklärt, obgleich mir doch der Weg der Erklärung sehr nahe zu liegen scheint .... Ich bitte Dich, mir zu sagen, ob überhaupt schon in der Optik die verschiedene Färbung des reflectirten und gebrochenen Strahles berücksichtigt ist.“

Brücke ahnte nicht, dass Helmholtz nach dieser Richtung hin gerade damals ganz fundamentale Entdeckungen gemacht hatte, mit denen er sehr bald die Physiker und Physiologen in seiner zu veröffentlichenden Habilitationsschrift überraschen sollte. Der glückliche Vater, dem Helmholtz von dem Inhalte dieser Schrift eine kurze Mittheilung macht, schreibt ihm am 5. April:

„Wie immer Deine Briefe, so hat auch der vom 21. viele Freude uns allen gebracht, und es war wieder ein allgemeines Murren der Ungeduld, bis ihn jeder gelesen hatte. Möge Gott Dich immer mehr zu einem reichen Propheten der Wahrheit und einem Mehrer der Erkenntniss machen, damit Du nicht vergebens für die ewige Menschheit gelebt habest, sondern als einer ihrer Eckpfeiler für ewig auch auf Erden lebest, dann tröste ich mich gern, dass mein Leben so resultatlos vorübergegangen ist. Gott erhalte

Dir und den Deinen Gesundheit, und gönne Dir fort und fort eine äussere Lage, die Dein geistiges Leben immer mehr fördert nach seiner Weisheit .... Auf die interessante Arbeit, die Du zu Deiner Habilitirung gewählt hast, bin ich sehr begierig: da wirst Du Dich wohl mit Goethe begegnen? Vergiss nicht, dass Du mir ausserdem Deine zwei letzten Abhandlungen über du Bois und die Geschwindigkeitsmessung versprochen hast ....“

Er ist hocherfreut, als Helmholtz ihm andeutet, dass der kommende Sommer möglicher Weise grosse Veränderungen in seinen äusseren Verhältnissen bringen kann:

„Es stehen drei Vacanzen physiologischer Stellen in Aussicht. Wagner von Göttingen ist nach München berufen, in Heidelberg ist zu der alten Geschichte noch hinzugekommen, dass Prof. Henle, der bisher Physiologie und Anatomie versehen hat, jetzt selbst weggehen will, wie es scheint auch nach München als Anatom, und endlich deutete Siebold, der Physiolog in Breslau, unserm hiesigen Dr. v. Wittich, der bei ihm zum Besuch war, an, dass er einen Ruf nach Berlin zu einer neu zu bildenden zoologischen Stelle erwarte. Dazu kommt noch, dass der Prosector Peters in Berlin Aussichten zu einer zweiten Reise hat, wobei seine Stelle auf du Bois übergehen, und dieser an Berlin gefesselt werden würde. Es kann also zu einer physiologischen Völkerwanderung kommen, bei der jeder die beste neue Stelle zu erwerben suchen muss. Uebrigens sind nicht viel Kandidaten da, du Bois, Eduard Weber in Leipzig und ich, wir rechnen uns zu den fast einzigen.“

Während nun Helmholtz mit der Ausarbeitung seiner Habilitationsschrift beschäftigt ist, die sich in der Form immer mehr erweitert, dem Inhalt nach mehr und mehr vertieft, und sich schliesslich zu einer strengen Kritik der optischen Arbeiten von Brewster ausgestaltet, schreibt du Bois — der kurz zuvor so vollauf befriedigt aus England zurückgekehrt war, dass er Helmholtz zuruft „gehe nicht

nach England, es verdirbt den Geschmack an Deutschland" — seinem Freunde am 15. Juni, er habe Sir David Brewster von dem Augenspiegel berichtet, und dieser wolle, wenn er ein Exemplar der Arbeit erhält, dafür sorgen, dass dieselbe ins Englische übersetzt werde. Aber Helmholtz musste ihm schon nach wenigen Tagen antworten:

„Dass es Dir in England unter den Verhältnissen, wo Du warst, gefallen hat, kann ich mir denken. Brewster's Gefälligkeit für Anfertigung einer englischen Uebersetzung des Augenspiegels in Anspruch zu nehmen, scheue ich mich, da der zweite Theil der zu meiner Habilitation bestimmten physiologisch-optischen Arbeit, den ich zum mündlichen Vortrag gebrauchen und dann an Poggendorff schicken will, zur Widerlegung von Brewster's Analyse des Sonnenlichts bestimmt ist, eine Theorie, welche ihm sehr am Herzen liegt, und die er bisher mit vieler Gereiztheit vertheidigt hat. Seine Beobachtungen über diesen Gegenstand sind vollkommen richtig, aber die Veränderungen der Farben des Spectrums durch absorbirende Medien beruhen meist auf subjectiven Erscheinungen, Contrast und dergl., wie sich ganz schlagend nachweisen lässt. Meine Abhandlung ist natürlich mit der äussersten Rücksicht geschrieben, aber ich fürchte dennoch, dass Brewster sie übel aufnehmen wird."

Am 28. Juni 1852 hielt nun Helmholtz seinen Habilitationsvortrag „Ueber die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen"; er bewies durch denselben nicht nur die unvergleichliche Gabe, an sich schwierigere wissenschaftliche Probleme durch eine klare, lichtvolle und von ungewöhnlicher Schönheit getragene Darstellung verständlich zu machen, sondern eröffnete wiederum völlig neue Gebiete der Forschung, welche „den Grenzen menschlichen Wissens näher kommen", und welche erst weit später nach der Veröffentlichung seiner physiologischen Optik einen Ueberblick über die Fülle und Tiefe der physikalischen, physiologischen und erkenntnisstheoretischen Forschungen gestatteten, die er schon da-

mals angestellt und zum Theil bereits abgeschlossen hatte. Durch diesen Vortrag erlangte er endlich auch den vollen Beifall seines väterlichen Kritikers:

„Ich danke Dir für Deine mir durch Herrn Dr. Friedländer übersandte Ordinariatsvorlesung, die mir sehr durch ihre Klarheit und ihren ungesuchten populären Styl gefallen hat, der die Resultate der Wissenschaft auch dem Laien zugänglich zu machen sucht, und zugleich ihm zeigt, wohin das Einzelne führt, und welches der Weg und das Ziel ist. Es will mir fast scheinen, als sei mit dieser mathematisch-experimentirenden Untersuchungsweise, sobald sie zur sicheren Kunst erhoben, und nicht mehr von der einzelnen Genialität abhangen wird, ein neuer langsamer, aber sicherer Weg zur Philosophie begonnen, der so wenigstens das objective Substrat aller Erkenntniss genau begrenzen, in seinem Wesen unzweifelhaft klar hinstellen, und so die Ich-lehre Fichte's dereinst als die einzig mögliche Weise des Philosophirens begründen und verdeutlichen wird. Die Wichtigkeit Deiner fünf Grundfarben sowie ihre Richtigkeit kann ich natürlich nicht beurtheilen, und habe auch noch kein anderes Urtheil darüber vernommen, denn Meyer ist zu wenig Physiker und auch überhaupt zu sehr aus der fortschreitenden Wissenschaft heraus, um darüber urtheilen zu können; Dr. Friedländer meinte indessen, dass die Sache unter den Gelehrten für neu und wichtig gelte, wusste aber, als ich ihn über die Wirkung Deiner Rede auf Deine Collegen befragte, nichts darüber zu sagen, weil er selbst einer Vorlesung wegen nicht gegenwärtig gewesen war; und versicherte er, es sei dies die erste Abhandlung derart, die er ganz verstanden habe, ja die selbst denjenigen, welchen er sie mit Deiner Bewilligung vorgelesen, klar geworden sei; er bestätigte übrigens die allgemeine Achtung, in der Du bei Deinen Collegen stehst, die Dich stets ungern verlieren würden, wenngleich er es Dir nicht verdenken kann, dass Du eine südlichere oder westlichere Universität Königsberg vorziehen würdest.“

Helmholtz bestätigt in einem Briefe vom September, in welchem er voll Freude die Geburt seines Sohnes Richard anzeigt, zu seines Vaters Genugthuung, dass es bei der Abfassung seines Vortrages allerdings seine Absicht gewesen, wie sein Vater es auch herausgelesen, die Grundansicht von Fichte über die sinnliche Wahrnehmung empirisch darzustellen, und äussert sich glücklich darüber, dass sein Vater mit der Form seines Aufsatzes wirklich zufrieden ist und seine philosophischen Anschauungen billigt.

Aber diese allgemeinen philosophischen und erkenntnisstheoretischen Anschauungen waren, ganz anders als bei Fichte, lediglich auf dem Boden streng exacter Forschung erwachsen, deren Resultate er in der schon vorher eingereichten Habilitationsschrift: „Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben“ und in der in Poggendorff's Annalen erschienenen, schon früher du Bois angekündigten Arbeit: „Ueber Herrn D. Brewster's neue Analyse des Sonnenlichtes“ entwickelt hatte und welche die Grundlage der ganzen modernen Farbenlehre bilden. Newton hatte nach seiner Entdeckung der Zusammensetzung des weissen Lichtes aus farbigem sieben Hauptfarben im Spectrum unterschieden und diese Zahl wahrscheinlich der Analogie entnommen, die er zwischen den Farben und den musikalischen Intervallen der Durtonleiter suchte. Während nun aber zwei Töne verschiedener Schwingungsdauer und musikalischer Höhe durch ihr Zusammenwirken zwar die Empfindung der Harmonie und Disharmonie erzeugen, trotzdem aber vom Ohre stets einzeln empfunden werden, bringen Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge und Farbe Eindrücke hervor, welche sich zu einem einzigen neuen Farbeneindruck vereinigen; diese Vereinigung stellt somit ein rein physiologisches Phänomen dar, welches an die specifische Reactionsweise des Sehnerven gebunden ist. Nachdem man schon vor der Entdeckung der Zusammensetzung des weissen Lichtes aus farbigem durch die Mischung der Farbstoffe zu der

Lehre von den drei Grundfarben Roth, Gelb, Blau gelangt war, aus denen alle anderen Farben combinirt sein sollten, nahm Newton ohne Prüfung an ausgedehnten Versuchsreihen an, dass sich dieselben Resultate auch für die Zusammensetzung des gefärbten Lichtes selbst ergeben, und Thomas Young erbaute auf der Annahme von drei Grundfarben seine Hypothese, dass die an der Oberfläche der Retina gelegenen Theilchen eigenthümlicher Schwingungen fähig wären, dass an jeder Stelle Theilchen von dreierlei verschiedener Schwingungsdauer sich neben einander vorfänden, entsprechend den Oscillationsgeschwindigkeiten der drei Grundfarben, und dass endlich durch die Anregung der verschieden empfindenden Nervenenden die gemischten Empfindungen hervorgebracht werden. Helmholtz fand nun, dass die Mischung der Farbstoffe durchaus andere Resultate giebt als die Zusammensetzung des farbigen Lichtes. Nur wenn wir es mit zwei im Spectrum wenig von einander abstehenden Farben zu thun haben, liefert die Zusammensetzung des farbigen Lichtes fast dieselben Resultate wie die Mischung der Pigmente, weil hier die zusammengesetzte Farbe den zwischenliegenden Farbentönen des Spectrums ähnlich ist, während sich der Unterschied am auffallendsten findet bei der Vereinigung von Blau und Gelb, welche, wenn Farbenstoffe gemischt werden, Grün, wenn entsprechendes farbiges Licht gemischt wird, Weiss geben. Da nun Grün zu den Farben gehört, welche am unvollkommensten durch Zusammensetzung andersfarbigen Lichtes hervorgebracht werden können, durfte Helmholtz, wenn überhaupt die Hypothese von der Zusammensetzung aller Farben aus drei einfachen Farben aufrecht erhalten werden sollte, für diese drei Grundfarben nicht Roth, Gelb, Blau, sondern musste Roth, Grün, Violett wählen, durch deren Mischung man wenigstens die matteren zusammengesetzten Farben erhalten kann, während, wenn die gesättigten Farben des Spectrums nachgeahmt werden sollen, mindestens fünf einfache Farben Roth, Gelb, Grün, Blau und

Violett gebraucht werden. Um nun zunächst festzustellen, ob es drei Grundfarben giebt, aus denen alle möglichen Farben zusammengesetzt sind oder sich wenigstens zusammensetzen lassen, musste diese Hypothese an prismatischen Farben als den reinsten und gesättigtsten geprüft werden. Indem Helmholtz nun durch eine Winkelspalte die durch ein Flintglasprisma erzeugten Spectra der beiden Schenkel sich theilweise decken und in dem einen die Farbenstreifen von oben links nach unten rechts, im anderen von oben rechts nach unten links verlaufen liess, so dass jeder Farbenstreifen des einen in dem den beiden Spectren gemeinsamen Felde jeden des anderen durchschnitt, erhielt er sämmtliche Combinationen, welche aus zwei einfachen Farben gebildet werden können. Aendert man nun noch die relative Intensität der gemischten Farben, indem man das Prisma aus seiner verticalen Stellung in eine mehr oder weniger schiefe bringt, und sorgt dafür, die Stellen, über deren Farbe man urtheilen will, getrennt von den übrigen zu betrachten — da man die Färbung des Feldes zu beurtheilen unfähig ist, so lange man gleichzeitig gesättigte Farben daneben hat — so kann man sämmtliche Combinationen in allen Abstufungen ihrer relativen Stärke mittelst eines Fernrohres untersuchen, für welches die Fäden des Fadenkreuzes parallel den Farbenstreifen gestellt werden. Als die auffallendste und von den bisherigen Ansichten abweichendste Thatsache fand Helmholtz, dass unter den Farben des Spectrums nur zwei vorkommen, nämlich Gelb und Indigo, welche zusammen reines Weiss geben, also Complementärfarben sind, während man bisher aus deren Verbindung immer Grün entspringen liess. Durch die Weiss gebenden Strahlen wird die ganze Breite des Spectrums in drei Abtheilungen getheilt; Farben der ersten und zweiten verbinden sich zu gelben Tönen mit Uebergängen in Roth, Fleischfarbe, Weiss und Grün, Farben der zweiten und dritten zu blauen Tönen mit Uebergängen in Grün, Weiss, Violett, Farben der ersten und dritten zu purpurrothen mit Uebergängen in Fleisch-

farbe, Rosa und Violett. Da nun Gelb und Blau gemischt nicht Grün, sondern höchstens ein schwach grünliches Weiss gaben, musste Helmholtz, wie schon hervorgehoben, die Hypothese von der Zusammensetzung aller Farben aus Roth, Gelb, Blau als irrig zurückweisen. Aber er untersucht auch die Zusammensetzung von Farbstoffen und ist im Stande, die früher stets gewonnenen Resultate zu erklären; mischt man ein gelbes und ein blaues Pulver, so werden die oberflächlich gelegenen blauen Theilchen blaues und die gelben Theilchen gelbes Licht geben, welche sich zu einem grünlichen Weiss vereinigen. Aus der Tiefe wird jedoch nur solches Licht zurückkehren, welches sowohl von den blauen als auch von den gelben Theilchen durchgelassen wird; da aber blaue Körper nur grünes, blaues und violettes Licht, gelbe Körper nur rothes, gelbes und grünes Licht durchzulassen pflegen, so kann aus der Tiefe nur grünes Licht zurückkehren, so dass in der Vereinigung mit dem von der Oberfläche zurückgeworfenen weisslichen Lichte das Grün überwiegen wird. Damit hatte er nun die Zusammensetzung der Farbstoffe auf rein physikalischer Grundlage aufgebaut. Würde man die Annahme von drei Grundfarben fallen lassen — Young hatte Roth, Grün und Violett vorgeschlagen — so müsste man auch Young's Lehre von den drei Grundfarben als den drei Grundqualitäten der Empfindung aufgeben; denn, wenn z. B. die Empfindung des Gelb durch die gelben Strahlen des Spectrums nur deshalb entstünde, weil dadurch gleichzeitig die Empfindung des Roth und Grün angeregt würde, die beide zusammenwirkend Gelb gäben, so müsste genau dieselbe Empfindung durch eine gleichzeitige Einwirkung der rothen und grünen Strahlen erregt werden, welche jedoch niemals ein so glänzendes und lebhaftes Gelb erzeugen, wie es die gelben Strahlen liefern.

Veranlasst waren diese Untersuchungen von Helmholtz dadurch, dass er den von Brewster beschriebenen Erscheinungen nachging, welche mit Newton's Theorie in Wider-

spruch zu stehen schienen und ihn zwangen, eine noch sorgfältigere Reinigung des farbigen Lichtes zu bewerkstelligen, als sie Newton, Goethe und Brewster gekannt hatten. Ebenso wie Goethe hatte Brewster behauptet — und darauf seine ganze Farbentheorie aufgebaut — dass nicht die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen die Farben des prismatischen Bildes bestimme, sondern dass es drei verschiedene Arten von Licht gäbe, rothes, gelbes, blaues, deren jedes mit allen Graden der Brechbarkeit vorkäme, jedoch so, dass das rothe Licht mehr Strahlen von geringer Brechbarkeit, das gelbe mehr von mittlerer, das blaue mehr von grösserer liefert, daher das erste am weniger brechbaren Ende, das zweite in der Mitte, das dritte am brechbarsten Ende überwiegt, während die übrigen Farbentöne des Spectrums durch Mischung der drei Grundfarben entstehen. Den Beweis, dass diese Annahme unstatthaft sei, hatte sich Helmholtz zum Gegenstand seiner Habilitationsschrift gewählt; doch er ging weiter. Brewster hatte wohl erkannt, dass, wenn es verschiedenfarbige Strahlen von gleicher Brechbarkeit giebt, sich das aus ihnen zusammengesetzte Licht für die prismatische Analyse wie einfaches verhalten müsse; zugleich aber hatte er behauptet, dass sich solche Strahlen durch ihre verschiedene Absorption in gefärbten Mitteln von einander trennen lassen, und dass somit in allen Theilen des Sonnenspectrums Licht von allen drei Farben, also auch aus diesen drei Farben zusammengesetztes weisses Licht vorkomme, was direct gegen die Newton'sche Theorie verstossen würde, nach welcher homogenes Licht, wenn es durch gefärbte Media geht, zwar geschwächt oder ausgelöscht, aber nie in seiner Farbe verändert werden könne. Sollte nun die Brewster'sche Theorie widerlegt werden oder sollte die Frage beantwortet werden, ob die Farbe homogenen Lichtes durch gefärbte Mittel verändert wird oder nicht, so musste zunächst die Zuverlässigkeit der Brewster'schen Experimente geprüft werden. Helmholtz fand nun, dass Brewster, getäuscht durch die

in der That nie fehlende Trübung der durchsichtigen Körper, das durch diese Trübung über das Gesichtsfeld des Beobachters ausgegossene falsche Licht übersehen hatte. Er zeigte, dass die Farbenveränderungen, die Brewster bemerkt hatte, theils eine Folge der Unreinigkeiten der Substanz und Unvollkommenheiten der Politur des Prismas, theils der mehrfachen Reflexionen an den Flächen des Prismas und den Grenzflächen des farbigen Mediums und ferner der Lichtzerstreuung im Auge selbst sind, zeigte ferner, dass die Farbenveränderungen auf Contrastwirkungen beruhen, welche bei der Lebhaftigkeit der Spectralfarben erregt werden, dass endlich die Spectralfarben bei veränderter Lichtstärke auch einen veränderten Eindruck machen, und widerlegte so durch eine grosse Reihe entscheidender Versuche die Lehre von Brewster.

Diese Untersuchungen waren sämmtlich beendet, als er seinen Habilitationsvortrag hielt, dessen Gegenstand er sich in der Besprechung viel allgemeinerer, aber mit den früheren Arbeiten im engsten Zusammenhang stehender Fragen wählte, in welcher Weise unsere Sinnesempfindungen den empfundenen Gegenständen überhaupt entsprechen; Fragen, die ihn allmählich immer tiefer in die Probleme der Erkenntnisstheorie führten, ihm aber auch wiederum für seine weiteren physikalischen und physiologischen Forschungen die leitenden Gesichtspunkte lieferten.

Nachdem er in seinem Vortrage die Wellentheorie des Schalles und Lichtes in klarer und fesselnder Weise entwickelt und die Newton'sche Farbentheorie gegen die Brewster-sche aus den bereits dargelegten Gründen vertheidigt hatte, hebt er die Unauflöslichkeit und scheinbare Einfachheit eines zusammengesetzten Farbeneindruckes hervor; die Gründe dafür, dass Goethe und nach ihm die ganze Hegel'sche Schule sich gegen die Annahme der Zusammensetzung des weissen Lichtes gesträubt haben, sucht er aus dem eigenthümlichen Wesen des dichterischen Genius zu erklären, der

es als seine höchste Kraft fühlt, die volle Energie der sinnlichen Erscheinung festzuhalten, und der auch auf das Geistige die ganze Lebendigkeit unmittelbarer Anschauung überträgt. Aber um die optischen Erscheinungen tiefer zu erfassen, ist es nöthig, das Verhältniss zu erkennen, in dem die Lichtempfindungen zu dem empfundenen Objecte stehen; hier erörtert er die beiden für die Entwickelung der Erkenntnisstheorie so wichtig gewordenen Sätze, dass einerseits nicht alles Licht ist, was als Licht empfunden wird — ein Satz, den Johannes Müller schon längst scharf hervorgehoben — dass es andererseits aber Licht giebt, welches wir nicht empfinden, also unsichtbares Licht, wie die chemischen Strahlen, die über das sichtbare Spectrum hinaus chemische Wirkungen ausüben. Ebenso findet man, dass innerhalb des leuchtenden Theiles des Spectrums höchst wahrscheinlich leuchtende und wärmende Strahlen identisch sind, wobei aber die stärksten Wärmewirkungen ausserhalb des rothen Endes liegen, dass also strahlende Wärme und Licht dem Wesen nach als identisch zu betrachten sind; und man findet den Grund dafür, dass das Leuchten auf eine so kleine Gruppe aus der langen Reihe der Vibrationen beschränkt ist, nach der kurz zuvor von Brücke gegebenen Erklärung darin, dass die durchsichtigen Medien des Auges gerade nur diese zur Netzhaut zulassen, alle anderen abhalten. Da sich nun Lichtempfindung und Licht ihren Grenzen nach durchaus nicht genau entsprechen, hatte Johannes Müller bereits gefolgert, dass das Eigenthümliche der Lichtempfindung nur von der besonderen Thätigkeit des Sehnerven herrührt, der, wie er auch angeregt sein mag, immer nur eine Lichtempfindung hervorbringt. Die Strahlung, welche wir bald Licht, bald strahlende Wärme nennen, wird von zwei Nervenapparaten, dem Auge und der Haut, empfunden, und die Verschiedenartigkeit der Qualität der Empfindung wird nicht durch das empfundene Object bestimmt, sondern hängt von dem Nervenapparate ab, der in Thätigkeit versetzt worden ist.

Von diesen einfachen, unmittelbar einleuchtenden Wahrheiten ausgehend, baut nun Helmholtz seine ganze Erkenntnisstheorie auf. Welche Farbencombinationen gleich aussehen, hängt nur von dem physiologischen Gesetze ihres Zusammenwirkens ab; die Gleichheit der Farbe verschieden zusammengesetzten Lichtes hat nur subjectiven Werth, und die Gruppen gleichfarbiger Farbencombinationen entsprechen keinerlei objectivem, von der Natur des sehenden Auges unabhängigem Verhältnisse. Wenn es sich aber mit der Farbe als Eigenschaft des Lichtes so verhält, so verhält es sich nothwendig ebenso mit der Farbe als Eigenschaft von Körpern. Ein Körper, welcher nur orangefarbiges Licht zurückwirft, wird eine andere innere Structur haben müssen, als ein Körper, welcher nur rothes und gelbes, oder ein dritter, welcher rothes, orangefarbenes und gelbes zurückwirft. Doch wird die Farbe der drei Körper bei weisser Beleuchtung dieselbe sein können; die Aehnlichkeit hat keinen objectiven, sondern nur subjectiven Werth. Und nun fasst er diese Ueberlegungen schon in diesem Vortrage in einer Form zusammen, welche die späteren Folgerungen bereits voraussehen lässt: „Licht und Farbenempfindungen sind nur Symbole für Verhältnisse der Wirklichkeit, sie haben mit den letzteren eben so wenig und eben so viel Aehnlichkeit oder Beziehung, als der Name eines Menschen oder der Schriftzug des Namens für den Menschen selbst. Sie benachrichtigen uns durch die Gleichheit oder Ungleichheit ihrer Erscheinung davon, ob wir es mit denselben oder anderen Gegenständen und Eigenschaften der Gegenstände zu thun haben, weiter leisten sie nichts; über die wirkliche Natur der durch sie bezeichneten äusseren Verhältnisse erfahren wir nichts, so wenig wie aus dem Namen über den Menschen."

Der Physiker und Physiologe zog durch diesen Vortrag von Neuem die Aufmerksamkeit der Philosophen auf sich, ohne sich jedoch ihres Beifalles zu erfreuen.

Unmittelbar nach Erfüllung seiner Habilitationspflichten ging er an die Ausarbeitung der schon früher du Bois mitgetheilten Theoreme über die Stromverzweigung, deren Tragweite er sich wohl bewusst war. Ende April schrieb er an Ludwig: „Ich hatte das Glück, ein mathematisches Theorem über Strömungsvorgänge in Körpern zu finden, mit denen du Bois so viel Noth gehabt hat, und welches die Sache so sehr vereinfacht, aber auch einige kleine Aenderungen in den von ihm gemachten Hypothesen bedingt"; und schon in der Mitte des Juli 1852 sandte er du Bois eine Notiz für die Akademie: „Ein Theorem über die Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern", während er die ausführlichere Behandlung dieses Gegenstandes erst am Anfange des folgenden Jahres 1853 unter dem Titel: „Ueber einige Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern mit Anwendung auf die thierisch-elektrischen Versuche", an Poggendorff für dessen Journal überschickte. In dieser Arbeit tritt Helmholtz zum ersten Male mit dem ganzen Rüstzeug der höheren mathematischen Analysis versehen in die Untersuchungen der mathematischen Physik und mittelbar in die der Physiologie ein, in der letzteren Wissenschaft der einzige die Mathematik beherrschende Forscher. Man fühlt schon hier und noch weit mehr bei seinen späteren Arbeiten, wie, nach seiner eigenen Meinung, seine Jugendanlage der geometrischen Anschauung sich zu einer Art mechanischer Anschauung entwickelt hatte, „vermöge deren ich gleichsam fühlte, wie sich die Drucke und Züge in einer mechanischen Vorrichtung vertheilen"; aber man erkennt auch deutlich, wie er umgekehrt verwickeltere und besonders wichtige mechanische und physikalische Verhältnisse doch immer wieder durch theoretische Analyse sich und Anderen durchsichtig zu machen bestrebt war. Du Bois legt am 22. Juli die kurze Angabe des schon früher erwähnten Theorems der Akademie vor und schreibt am 3. August an Helmholtz:

„Welch' ein Füllhorn von Abhandlungen hast Du doch auszuschütten, eine solche Fruchtbarkeit ist ja noch gar nicht dagewesen. Dein Vergleich mit dem Gauss'schen Satze über die Ersetzung innerer magnetischer Kräfte durch eine Vertheilung an der Oberfläche gefällt mir aber nicht, warum sollte Dein Theorem nicht eines sui generis sein. Tröstlich für mich ist übrigens, dass Kirchhoff, mit dem ich so viel über die Probleme gesprochen, die mit Hülfe des Theorems nun so leicht zu behandeln sind, nicht darauf gekommen ist. Die Lehre vom Muskel und Nervenstrom wird nun erst darstellbar, das grässliche dritte Kapitel meines Buches zieht sich in eine kurze elegante Auseinandersetzung zusammen."

Aber die Ausarbeitung des für Poggendorff bestimmten Aufsatzes war mit vielen Schwierigkeiten verbunden, da es sich dabei nicht nur um den von du Bois so bewunderten Satz handelte, der auch ohne tiefere mathematische Kenntnisse wenigstens verständlich war, sondern um die Herleitung und Anwendung äusserst schwieriger Sätze der Potentialtheorie, der mit Ausnahme von Neumann, Weber und Kirchhoff fast alle damaligen deutschen Physiker noch fremd gegenüberstanden.

In der Mitte des November schreibt Helmholtz an Kirchhoff:

„Ich bin noch immer nicht mit der Ausarbeitung der Stromvertheilungstheorie bei thierisch-elektrischen Versuchen zu Ende, weil mir noch mancherlei neue Probleme in die Quere kommen. Unangenehm ist mir der Mangel des Werkes von Green dabei, auch dass Neumann seine Bearbeitung dieser Sachen noch nicht herausgegeben hat. Ich kann mich nicht frei mit ihm darüber besprechen, weil die Sätze, welche ich finde und brauche, entweder schon direct in seinen Heften vorkommen, oder doch in sehr ähnlicher Gestalt, so dass ich nach jeder Besprechung mit ihm in Verlegenheit gerathe, ob ich dies oder jenes veröffentlichen soll. Deshalb

muss ich es vermeiden, Green's Theoreme aus den Heften von Neumann's Schülern kennen zu lernen."

Noch am Ende des Januar 1853 sind nicht alle Schwierigkeiten beseitigt. Er theilt du Bois mit, dass alle seine Mühe vergeblich ist, einen wichtigen, für Leiter von gleichem Widerstande aller Theile leicht herleitbaren Satz allgemein zu beweisen, nach welchem eine elektromotorische Kraft, in einem beliebig gelegenen Flächenelemente α eines Leiters angebracht, in einem gleichen beliebig gelegenen Flächenelemente β senkrecht gegen dieses dieselbe Stromescomponente hervorbringt, wie dieselbe Kraft, in β angebracht, in α hervorbringen würde; er fürchtet, dass ihm vorläufig nichts übrig bleiben werde, als den Beweis dieses Satzes der Zukunft zu überlassen, welcher jede thierisch-elektrische Aufgabe, worin man nur das Flächenelement α als einen Querschnitt des Multiplicatordrahtes anzusehen hat, auf die Aufgabe zurückführen würde, die Stromvertheilung im Muskel zu finden, welche eine elektromotorische Kraft erregt, die im Multiplicatordrahte angebracht ist. Aber endlich überwindet er auch diese Schwierigkeit, und schon in den ersten Tagen des März 1853 kann er Ludwig melden:

„Inzwischen habe ich über die Vertheilung galvanischer Ströme in körperlichen Leitern einige neue Theoreme gefunden und ausgearbeitet, welche die Theorie der thierisch-elektrischen Ströme nun ziemlich vollständig streng und dabei sehr einfach durchzuführen erlauben, wo du Bois sich mit allerlei complicirten Näherungsmethoden hat begnügen müssen. Die Folgerungen daraus stimmen natürlich in den wichtigeren Punkten mit denen von du Bois überein. Die wesentlichste Abweichung ist die, dass die schwachen Ströme des Querschnitts für sich und des Längsschnitts für sich durch die peripolaren Molekeln nicht erklärt werden, wie überhaupt durch keine gleichmässige Vertheilung constanter elektromotorischer Gebilde in allen Theilen des Muskels."

Du Bois gesteht später selbst, dass er den grossen Schwierigkeiten völlig rathlos gegenüber gestanden, bis ihm Helmholtz' überlegene Zergliederung zu Hülfe kam durch das Princip der elektromotorischen Oberfläche und das Theorem von der gleichen gegenseitigen Wirkung zweier elektromotorischer Flächenelemente, mittelst welcher die früher unüberwindlichen Aufgaben fast zu elementaren wurden.

Diese überaus interessante und gedankentiefe Arbeit über die Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern stellt sich durch die Art der Beweise der ausgesprochenen Sätze, welche an sich im physikalischen Gewande leicht verständlich sind, als eine Arbeit rein mathematischer Natur dar. Sie knüpft in ihrem wesentlichsten Theile an seine Arbeit „Ueber die Erhaltung der Kraft“ an, in der er nur für den dort eingeführten Begriff der „freien Spannung“ den völlig damit identischen des Potentials von Gauss oder der Potentialfunction von Green zu substituiren braucht; bei dieser Gelegenheit macht er seinen alten Freund Clausius, der ihm einen Irrthum in seiner fundamentalen Arbeit vom Jahre 1847 nachweisen wollte, darauf aufmerksam, dass er nur den Ausdruck des „Potentials einer Masse auf sich selbst“ anders als Neumann und zwar die Variation der Massenelemente statt der Combinationen gebraucht hat, so dass sich die Resultate alle nur um denselben Factor zwei unterscheiden.

Indem er seiner Untersuchung die drei Gleichungen zu Grunde legt, welche Kirchhoff bei der Stromvertheilung in Systemen körperlicher Leiter für das dynamische Gleichgewicht entwickelt und für den Ausdruck der Spannung als Function der Coordinaten als nothwendig und hinreichend ermittelt hatte, ist es ihm nicht schwer, zunächst das schon früher in einzelnen Fällen als richtig erkannte Princip der Superposition der elektrischen Ströme ganz allgemein zu erweisen. Er spricht es in der leicht verständlichen Form aus, dass, wenn in einem beliebigen Systeme von Leitern

constante elektromotorische Kräfte an verschiedenen Stellen vorkommen, die elektrische Spannung in jedem Punkte des durchströmten Systems gleich ist der algebraischen Summe derjenigen Spannungen, welche jede einzelne der elektromotorischen Kräfte unabhängig von den anderen hervorbringen würde. Es schliesst sich hieran das Princip von der elektromotorischen Oberfläche, nach welchem für jeden Leiter, in dessen Innerem elektromotorische Kräfte beliebig vertheilt sind, sich eine bestimmte Vertheilung elektromotorischer Kräfte in seiner Oberfläche angeben lässt, welche in jedem angelegten Leiter dieselben abgeleiteten Ströme wie jene inneren Kräfte hervorbringen würde; er findet die Vertheilung dadurch, dass er sich den Leiter isolirt denkt, die elektrische Spannung bestimmt, welche ein jeder Punkt seiner Oberfläche bei den durch seine inneren Kräfte erregten Strömen annimmt und die gesuchte elektromotorische Kraft der Oberfläche, in der Richtung von innen nach aussen genommen, gleich dieser elektrischen Spannung setzt, wobei die elektromotorischen Kräfte durch die Spannungsunterschiede gemessen werden. Indem er die so elektromotorisch wirksam gedachte Oberfläche die positiv wirksame Oberfläche nennt, findet er aus diesen beiden mit Hülfe streng mathematischer Betrachtungen hergeleiteten Sätzen durch die elementarsten Ueberlegungen eine Reihe wichtiger Beziehungen; diese liefern ihm das Theorem, dass die Spannungen im Inneren eines abgeleiteten Leiters während der Ableitung gleich sind der Summe der ohne Ableitung in ihm stattfindenden Spannungen und derer, welche die positiv wirksame Oberfläche hervorbringt. Dass verschiedene Vertheilungsweisen elektromotorischer Kräfte in der Oberfläche eines Leiters, wenn sie dieselben abgeleiteten Ströme wie seine inneren Kräfte geben sollen, sich nur um eine für alle Punkte der Oberfläche constante Differenz unterscheiden können, ist danach unmittelbar ersichtlich, und durch ebenso einfache, nur auf Ohm's Principien beruhende Betrach-

tungen folgt der ganz allgemeine und weittragende Satz, dass, wenn ein körperlicher Leiter mit constanten elektromotorischen Kräften in zwei Punkten seiner Oberfläche mit beliebigen linearen Leitern verbunden wird, man an seiner Stelle immer einen linearen Leiter von bestimmter elektromotorischer Kraft und bestimmtem Widerstande substituiren kann, welcher in allen angelegten linearen Leitern genau dieselben Ströme erregen würde, wie jener körperliche. Nachdem er noch die Poisson-Gauss'sche Unstetigkeitsgleichung, die Kirchhoff seinen Gleichgewichtsbedingungen zu Grunde gelegt hat, durch Einführung der sogenannten elektrischen Doppelschicht — welche an den entgegengesetzten Seiten einer Fläche in unendlich kleiner Entfernung von derselben an der einen Seite ebensoviel positive Elektricität enthält als auf der anderen Seite negative — so umgeformt hat, dass nicht wie dort das Potential stetig, die Kraftcomponenten aber zu beiden Seiten der Fläche unstetig sind, sondern dass umgekehrt bei Stetigkeit der letzteren der Unterschied der Potentialfunction eine von Null verschiedene Grösse ist, welche er das elektrische Moment der Fläche genannt hat, gewinnt er den Vortheil, die Lösung von Aufgaben über Stromvertheilung auf die Behandlung der Potentialfunctionen elektrischer Flächen und Körper zu reduciren. Endlich entwickelt er noch das du Bois im Januar mitgetheilte Theorem von der gleichen gegenseitigen Wirkung zweier elektromotorischer Flächenelemente mit Hülfe der Sätze von Green, und jetzt erst ist alles für die experimentelle Prüfung der Sätze und die weittragendsten Anwendungen derselben vorbereitet. Da nämlich jedes einzelne Element einer elektromotorischen Fläche so viel Elektricität durch den Galvanometerdraht fliessen lässt, als durch dieses selbst fliessen würde, wenn seine elektromotorische Kraft in diesem Draht angebracht wäre, so erhält man durch Summation der Wirkungen sämmtlicher elektromotorischer Flächenelemente den ganzen Strom

im Galvanometer. Durch Zusammensetzung mit dem elektromotorischen Oberflächenprincip konnten nunmehr für alle thierisch-elektrischen Versuche, bei denen die Muskel und Nerven körperlich ausgedehnte Leiter darstellen, in deren Inneren überall elektromotorische Kräfte verbreitet sind, die Folgerungen aus den theoretischen Vorstellungen, welche sich du Bois und andere Physiologen über die Anordnung elektromotorischer Theile im Inneren des Muskels oder der Nerven gebildet hatten, mit den nun empirisch auffindbaren Gesetzen verglichen und berichtigt werden.

Noch im Jahre 1852 lieferte Helmholtz unter den Referaten für „die Fortschritte der Physik im Jahre 1848" einen „Bericht über die theoretische Akustik betreffende Arbeiten vom Jahre 1848 und 1849". Derselbe ist dadurch interessant, dass er die Arbeiten von Challis als mathematisch fehlerhaft nachwies, welcher den Unterschied zwischen der nach hydrodynamischen Principien berechneten Schallgeschwindigkeit und der wirklich beobachteten nicht aus der Erwärmung und Erkältung der Luft bei ihrer Verdichtung und Verdünnung herzuleiten, sondern eine neue hydrodynamische Theorie der Schallbewegung zu entwickeln suchte. Vor allem aber lässt in diesem Referat die Behandlung der hydrodynamischen Gleichungen, sowie die Auffassung der akustischen Probleme uns schon die tiefen akustischen Studien ahnen, welche Helmholtz einige Jahre später zu den auch in diesem Zweige der Physik und Physiologie bahnbrechenden Arbeiten führten.

Inzwischen hatte sich durch das Aufsehen, welches die farbenphysiologischen Arbeiten in der ganzen naturwissenschaftlichen Welt machten, auch das Interesse der weiteren medicinischen, sowie der anderen hochgebildeten Kreise Königsbergs jenen Fragen zugewendet, und Helmholtz glaubte diesem Interesse am besten durch einen Vortrag „Ueber Goethe's naturwissenschaftliche Arbeiten" entgegen-

kommen zu können, den er am 18. Januar, dem Krönungstage, in der deutschen Gesellschaft hielt. Seinem Vater, dem gerade dieses Thema besonders sympathisch sein musste, gab er von demselben Kenntniss, zugleich mit der Meldung von dem Vollzug der Taufe seines Sohnes Richard Wilhelm Ferdinand und mit der Bitte, seinen Vater als abwesenden Taufzeugen in das Kirchenbuch eintragen lassen zu dürfen.

Helmholtz war in der letzten Zeit bei mannigfachen Gelegenheiten genöthigt gewesen, den Angriffen Goethe's auf Newton's optische Arbeiten entgegenzutreten; es war ihm daher, um nicht Missdeutungen ausgesetzt zu sein, ein Bedürfniss, nachzuweisen, dass Goethe, wenn er auch in seinen physikalischen Untersuchungen vielfach fehl gegangen, sich doch in seinen botanischen und osteologischen Arbeiten so unbestrittene Verdienste erworben habe, dass man ihn unbedenklich auch zu den grossen Naturforschern zählen dürfe. In seinem Entwurf einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie spricht Goethe die nirgends besser und klarer und in der Folgezeit nur unwesentlich veränderte Idee aus, dass alle Unterschiede im Baue der Thierarten nur als Veränderungen eines Grundtypus aufgefasst werden müssen, welche durch Verschmelzung, Umformung, Vergrösserung, Verkleinerung oder gänzliche Beseitigung einzelner Theile hervorgebracht seien. Eine ähnliche Analogie zwischen den verschiedenen Theilen ein und desselben organischen Wesens, wie er sie für die entsprechenden Theile verschiedener Arten erkannt hat, sieht er zunächst bei den Pflanzen in der vielfältigen Wiederholung einzelner Theile, dann in den Uebergängen der Blätter des Stengels in die des Kelches und der Blüthe, und gelangt so zu seinen in der „Metamorphose der Pflanzen“ niedergelegten, wenigstens in den wesentlichsten Grundlagen von den Botanikern angenommenen Anschauungen. Die Wiederholung gleichartiger Theile bei den Thieren, auf welche

Goethe durch zufällige einzelne Beobachtungen geführt wurde, liess ihn auch auf diese seinen Grundgedanken übertragen, doch scheinen sich, wie Helmholtz meinte, diese osteologischen Ansichten weniger in der Wissenschaft eingebürgert zu haben.

Goethe hat nach der Ansicht von Helmholtz Grosses geleistet, indem er ahnte, dass ein Gesetz vorhanden sei, und dessen Spuren scharfsichtig verfolgte, wenn er auch das Gesetz selbst weder erkannte noch suchte, da er stets die Ansicht festhielt, „dass die Natur ihre Geheimnisse selbst darlegen müsse, dass sie die durchsichtige Darstellung ihres idealen Inhaltes sei“.

Mit der Hervorhebung der grossen Verdienste Goethe's um die Naturwissenschaften glaubte er sich aber auch das Recht gesichert zu haben, eine Kritik der physikalischen Arbeiten dieses gewaltigen Geistes ausüben zu dürfen, und den Irrthümern nachzugehen, welchen Goethe, der sich die ästhetischen Grundsätze des Colorits in der Malerei nicht klar machen konnte, verfiel, als er mit Hülfe eines Prismas die Versuche von Newton nachmachen wollte und, weil ihm selbst die Grundsätze der Optik unbekannt waren, alle Schlüsse und Thatsachen Newton's für Absurditäten erklärte. Und nun wirft Helmholtz die so überaus interessante Frage auf, woher es kommt, dass dieser Geistesheros mit einer Schärfe ohne Gleichen gegen Newton, gegen die Physiker überhaupt vorgeht, seinen Gegnern nur bösen Willen vorwirft, und dass dieser grösste aller Dichter seine Leistungen in der Farbenlehre für viel werthvoller hält, als alles das, was er in der Dichtkunst gethan habe. Mit der höchsten Schärfe des Verstandes, mit der grössten Tiefe ästhetischen Gefühls, mit der nur einem grossen, ruhig blickenden Geiste möglichen Abwägung der dichterischen und naturwissenschaftlichen Anlagen der Menschen, der deductiven und inductiven Methode des Denkens und Schliessens erfasst Helmholtz seine Aufgabe und führt sie in jener un-

vergleichlichen Sprache voll Geist und Anmuth durch, wie sie charakteristisch geworden ist für alle seine Vorträge und einzig dasteht für die allgemein verständliche Behandlung wissenschaftlicher Probleme. Er erblickt das Wesentliche der dichterischen wie jeder künstlerischen Thätigkeit darin, die Idee nicht als Resultat einer Begriffsentwickelung hervortreten zu lassen, sondern das künstlerische Material zum unmittelbaren Ausdruck der Idee zu machen. So findet Goethe auch in der Wirklichkeit den unmittelbaren Ausdruck der Idee, ist darin der eigentliche Vorläufer der Hegel'schen Naturphilosophie, und preist die Versuche, die man in klarem Sonnenschein unter freiem Himmel anstellen könne, im Gegensatz zu den Spalten und Gläsern von Newton. Goethe konnte und wollte es nicht fassen, dass die reine Farbe des Weiss aus farbigem Licht zusammengesetzt sein solle; er suchte durch eine folgerichtige Anordnung der beobachteten Thatsachen eine Einsicht in den Zusammenhang zu gewinnen, um die Ursachen der Naturerscheinungen zu ermitteln, ohne in das Reich der Begriffe zu schreiten, während dem Physiker der sinnliche Eindruck keine Autorität ist, und derselbe sich immer mehr dessen bewusst wird, dass die Art und Weise der sinnlichen Wahrnehmung weniger von den Eigenthümlichkeiten des wahrgenommenen Gegenstandes als von denen des Sinnenorgans abhängt, durch welches wir die Nachricht bekommen. Daher auch alle Schlüsse und Erklärungen Goethe's trügerisch; dass die Farben stets dunkler als das Weiss erscheinen, dass sie etwas Schattiges haben, dass sie durch eine gewisse Art der Zusammenwirkung von Licht und Schatten entstehen, dafür sucht er den Grund in den Erscheinungen schwach getrübter Medien, verwickelt sich aber dabei in unauflösbare Widersprüche; so muss er, um gegen Newton anzukämpfen, annehmen, dass das Prisma dem beobachteten Bilde von seiner Trübung, die er jedem durchsichtigen Körper zuschreibt, etwas mittheile, und muss schliesslich

bei den zusammengesetzten Erscheinungen völlig auf eine Analyse verzichten.

„Goethe kann nur da behaglich verweilen, wo er die Wirklichkeit selbst vollständig poetisch gestempelt hat. Darin liegt die eigenthümliche Schönheit seiner Dichtungen und darin liegt auch gleichzeitig der Grund, warum er gegen den Mechanismus, der ihn jeden Augenblick in seinem poetischen Behagen zu stören droht, kämpfend auftreten muss und den Feind in seinem eigenen Lager anzugreifen sucht. Wir können aber den Mechanismus der Materie nicht dadurch besiegen, dass wir ihn wegleugnen, sondern dadurch, dass wir ihn den Zwecken des sittlichen Geistes unterwerfen. Wir müssen seine Hebel und Stricke kennen lernen, um sie nach unserem eigenen Willen regieren zu können, und darin liegt die grosse Bedeutung der physikalischen Forschung für die Cultur des Menschengeschlechtes und ihre volle Berechtigung begründet.“

Vierzig Jahre später ergreift Helmholtz in einem in der Goethe-Gesellschaft zu Weimar gehaltenen Vortrage: „Goethe's Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen“, wiederum die Gelegenheit, um die Bedeutung Goethe's für die allgemeine Entwickelung der Naturwissenschaften in das glänzendste Licht zu stellen; während sein Urtheil über dessen optische Arbeiten unverändert geblieben, sucht er die Irrthümer und Vorurtheile Goethe's nunmehr auch noch aus dessen Abneigung gegen die Abstractionen anschauungsloser Begriffe zu erklären, mit denen die theoretische Physik damals zu rechnen gewohnt war; er hält Goethe's Widerspruch gegen die Abstractionen von Materie und Kraft nicht für unberechtigt, welche, „wenn sie auch von den grossen theoretischen Physikern des 17. und 18. Jahrhunderts durchaus widerspruchslos und sinngemäss gebraucht wurden, doch den Keim zu den wüstesten Missverständnissen enthielten, die auch gelegentlich bei verwirrten und abergläubischen Köpfen sich laut machten“. Helmholtz sieht

die Gedankenkeime, welche Goethe im Gebiete der Naturwissenschaften ausgesäet hat, zu voller und reicher Entwickelung gelangt, indem sich Darwin's Theorie von der Umbildung der organischen Formen vorzugsweise auf dieselben Analogien und Homologien im Bau der Thiere und Pflanzen stützt, welche Goethe als erster Entdecker nur in der Form ahnender Anschauungen seinen Zeitgenossen darzulegen suchte, während Darwin die dichterische Ahnung zur Reife des klaren Begriffes entwickelte; er findet das, was Goethe suchte, das Gesetzliche in den Phänomenen, ohne sich durch metaphysische Gedankengebilde verwirren zu lassen, am klarsten und entschiedensten in Kirchhoff's Vorlesungen über mathematische Physik ausgedrückt, in welchen dieser die Mechanik geradezu unter die beschreibenden Naturwissenschaften einreiht. Helmholtz betrachtet Wissenschaft und Kunst als innerlich verwandt, beide sollen Wahrheit darstellen und überliefern. Dem Künstler kann sein Werk nur gelingen, wenn er eine subtile Kenntniss des gesetzlichen Verhaltens der dargestellten Erscheinungen und ihrer Wirkung auf den Hörer oder Beschauer in sich trägt. „Wo es sich um Aufgaben handelt, die durch die in Anschauungsbildern sich ergebenden dichterischen Divinationen gelöst werden können, hat sich der Dichter der höchsten Leistungen fähig gezeigt; wo nur die bewusst durchgeführte inductive Methode hätte helfen können, ist er gescheitert. Aber wiederum, wo es sich um die höchsten Fragen über das Verhältniss der Vernunft zur Wirklichkeit handelt, schützt ihn sein gesundes Festhalten an der Wirklichkeit vor Irrgängen und leitet ihn sicher zu Einsichten, die bis an die Grenzen menschlicher Vernunft reichen.“

Bei dem Uebergange in das neue Jahr finden wir Helmholtz in gedrückter Stimmung; schon das Weihnachtsfest hatte sich für seine Familie trübe gestaltet, da seine Frau an einem gastrisch-nervösen Fieber erkrankt war, von dem sie sich jedoch nach wenigen Wochen unter der aufopfernden

Liebe und Pflege ihrer Mutter und Schwester wieder erholte; auch seine Mutter konnte erst nach einer nicht unbedeutenden Operation wieder ihren Pflichten nachkommen; er selbst litt an wiederholten Migräneanfällen, die ihn ziemlich häufig für einige Tage an das Bett fesselten. So theilte er seinem Vater die Absicht mit, im Sommer zur Herstellung seiner und seiner Frau Gesundheit nach Marienbad zu gehen, dann in England die Physiker aufzusuchen, die seinen Untersuchungen ein so warmes Interesse entgegen gebracht haben, und auf dem Rückwege seine Schwester Julie für ein halbes Jahr mit nach Königsberg zu nehmen; aber sein jetzt häufig kränkelnder Vater, den auch materielle Sorgen zu drücken anfingen, ist damit gar nicht einverstanden.

„Auch Du, Hermann, möchtest es schwerlich lange in solchem Badeorte, noch dazu in dem vornehmen Marienbad ertragen, denn ich erinnere mich sehr wohl, mit welchem Entsetzen lebhafte und geistreiche Leute, deren Beutel nicht unerschöpflich war, um alle die vornehmen langweiligen Thorheiten mitzumachen, von der Langeweile ihres Aufenthalts in den berühmtesten rheinischen Bädern sprachen. Ich glaube, dass Olga, wenn sie in dem Königsberger Klima bleibt auf Eurem Landsitze, und vielleicht in der günstigsten Jahreszeit einige Wochen an der See zubringt, ihre Constitution am leichtesten an Euer Klima gewöhnen wird; und dass Du, wenn Du einige Zeit lang weniger durch Arbeit Deine Nerven angreifst, einen zweckmässigen Brunnen in sorgenloser Zeit und bei streng geregelter Diät trinkst, dann vielleicht zur See nach London gehst (denn ich muss gestehen, ich halte die See für das Nerven stärkendste Mittel, und selbst die zu befürchtende Seekrankheit könnte Dir heilsam sein . . . .), dies meiner Meinung nach das Vernünftigste für Deine Gesundheit sein möchte. Ausserdem bedarf die Reise nach London eines sehr straffen Beutels, und Marienbad ist sehr theuer. Zurück kämst Du dann zu

Lande, wenn der Beutel reicht, über Holland, Belgien u. s. w. nach Potsdam zur Freude für uns."

Helmholtz giebt in der That diesem Rathe folgend die Badereise auf und erfreut zugleich seinen alten Vater durch die Mittheilung, dass ihm in Folge eines Berichtes des Curators der Universität, wonach Helmholtz vom dänischen Ministerium eine Berufung nach Kiel mit ansehnlichem Gehalt bevorstehe, vom 1. April 1853 an eine Gehaltserhöhung auf 1000 Thlr. bewilligt worden sei.

Vom Beginn des Jahres 1853 bis zu den Sommerferien beschäftigten ihn nun zum Theil noch die fortgesetzten Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in Muskeln und Nerven, welche die Herstellung eines geeigneten Messinstrumentes für Ströme von der Stärke der du Bois'schen Muskelströme erforderten; ausserdem arbeitete er an ausgedehnten Untersuchungen über Adaptation, die jedoch sehr bald durch die Entdeckungen eines jungen holländischen Physiologen eine längere Unterbrechung erfuhren. Schon am 23. Januar überschickte er du Bois für die Akademie einen ganz kurzen, nur zur Wahrung der Priorität abgefassten Bericht: „Ueber eine bisher unbekannte Veränderung am menschlichen Auge bei veränderter Accommodation"; in demselben beschreibt er die schon im Winter 1852 gemachte Beobachtung, dass bei der Accommodation für die Nähe sich die von der vorderen Fläche der Linse entworfenen Spiegelbilder fast auf ihre halbe Grösse verkleinern, und dass diese beträchtliche Veränderung nicht durch eine Verrückung der Linse, sondern nur durch eine Veränderung ihrer Form und zwar durch eine stärkere Krümmung ihrer vorderen Fläche erklärt werden kann; eine Verschiebung des Pupillarrandes nach vorn beim Sehen in der Nähe hätte er bereits durch viele genaue Beobachtungen festgestellt. Noch im März theilt er voller Freude Ludwig seinen „kleinen Fund betreffs der Accommodation des Auges" mit, den er in den Monatsberichten bekannt gemacht. Aber schon am 3. Juli schreibt er ihm:

„Mir ist, wie mir Donders schreibt, ein Dr. Cramer zuvorgekommen, dessen Abhandlung im Jahre 1851 von der Harlemer Gesellschaft gekrönt und jetzt erst gedruckt ist; ich soll in Kurzem einen Abdruck erhalten. Ueberhaupt habe ich kürzlich viele Kreuzungen meiner Arbeiten durch Andere erhalten: 1) Ueber Brewster's Theorie; ein Theil meiner Resultate war von einem jungen Physiker, Felix Bernard, auch gefunden und in den Annales de Phys. et Chim. in demselben Monat veröffentlicht, wo meine im Poggend. erschienen; aber er hatte die Arbeit schon viel früher der französischen Facultät übergeben; 2) Gaugain macht im Januar eine Tangentenboussole bekannt, nach deren Princip ich schon 1849 eine solche habe erbauen lassen, um du Bois' Versuche damit anzustellen. Hier ist meine aber jedenfalls bequemer und besser; 3) Foucault beschreibt eine Methode, grössere Flächen mit homogenem oder gemischtem Licht gleichförmig zu erleuchten; ich bekomme den Aufsatz, nachdem ich mir selbst den Apparat ersonnen und aufgebaut habe; 4) Cramer mit der Accommodation; ich bin auf dessen Abhandlung sehr neugierig. . . . . Dein Lehrbuch ist, so weit es bis jetzt reicht, mein getreuer Rathgeber, wenn ich mich zu Vorlesungen präparire."

Der erwartete Abdruck der Cramer'schen Abhandlung blieb indessen so lange aus, dass Helmholtz noch nach der Rückkehr von seiner Herbstreise am 9. October 1853 an Donders schrieb:

„Die Dissertation des Herrn Dr. von Prigt, welche Sie mir zu übersenden die Güte hatten, war höchst interessant für mich, und ich muss gestehen, dass ich zu der Zeit, wo ich mein Schriftchen über den Augenspiegel veröffentlichte, nimmermehr geglaubt hätte, dass seine Anwendung so ausgedehnt sein würde, wie sie hier erscheint. Ich selbst habe wenig Gelegenheit gehabt, Beobachtungen an Kranken zu machen, doch höre ich, dass Dr. v. Graefe in Berlin und Professor Burow hier in Königsberg im Wesentlichen zu

denselben Resultaten betreffs der pathologischen Anwendbarkeit gekommen sind. . . . Die Schrift des Herrn Dr. Cramer über die Accommodationsbewegungen des Auges habe ich noch nicht erhalten, und ich muss gestehen, dass ich sehr begierig bin zu erfahren, wie viel Raum für eigene Arbeiten er mir noch übrig gelassen hat. Ihr Brief gab mir die erste Nachricht von seinen Untersuchungen, und obgleich ich bedauern musste, schon ziemlich viel Zeit mit Untersuchungen verloren zu haben, welche nun doch das Eigenthum eines Anderen bleiben, so bin ich natürlich gern bereit, einem jungen Mann, der mit einer so bedeutenden Erstlingsarbeit in die Wissenschaft eintritt, so viel ich kann, den Weg zu bahnen, um Anerkennung zu gewinnen. Zu der theoretischen Annahme einer gleichzeitigen Spannung der radialen und circularen Fasern der Iris war ich allerdings auch gekommen, doch bin ich geneigt, auch dem Tensor Chorioideae eine wesentliche Rolle dabei zuzuschreiben."

Er setzt deshalb während der unfreiwilligen Musse in den Sommermonaten zunächst seine Versuche über Mischung homogener Farben nach anderen Methoden als der bisher angewandten von Foucault fort. Er fand, dass, wie Grassmann behauptet hatte, ausser Gelb und Indigblau noch einige andere Paare von Complementärfarben im Spectrum existiren, die früher von ihm nicht als solche nachgewiesen werden konnten, dass sogar alle Farben ausser Grün einfache Complementärfarben geben, wobei, um die Breite der Farben zu bestimmen, Weiss als der Inbegriff des sämmtlichen gleichzeitig vom Auge angeschauten, mit Berücksichtigung auch des kurz vorher angeschauten, noch in lebhafter Erinnerung stehenden Lichtes definirt wird. Aber auch die Zeitmessungsversuche über Reizungen bei Menschen führte er während des Sommers ununterbrochen fort und war bereits zu dem höchst wahrscheinlichen Resultat gelangt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung bei Menschen etwa dreimal so gross ist als beim Frosche;

für die Eintrittszeit der elektrischen Vorgänge bei der Nerven- und Muskelreizung konnte er feststellen, „dass der elektrotonische Zustand des Nerven gleichzeitig mit dem primären Strom eintritt, die negative Stromschwankung des Muskels dagegen merklich später als die Reizung, aber früher als der erste Anfang der Zusammenziehung“.

In den ersten Tagen des August verliess er nun mit seiner Familie Königsberg und brachte seine Frau mit den beiden Kindern zu seiner Schwiegermutter und Schwägerin nach Dahlem. In Berlin traf er seinen Freund du Bois nicht mehr an, war aber sehr erfreut, Johannes Müller noch sprechen zu können, der eben nach Sicilien abzureisen im Begriff stand. Er besuchte seine Eltern in Potsdam, von denen er seinen Vater wohl und heiter, seine Mutter jedoch in Gesichtszügen und Stimme sehr verändert fand. Ein Dîner bei Magnus, bei dem auch H. Rose zugegen war, gab ihm Gelegenheit, mit Dr. Tyndall bekannt zu werden, dem englischen Uebersetzer seiner Aufsätze: „letzterer, ein sehr talentvoller junger Mann, war für mich von denen, die ich noch nicht kannte, der interessanteste, leider wird er nicht in England sein, wenn ich dort bin“; er besuchte auch Dr. Graefe, „der noch mit seiner Klinik beschäftigt, mir einige Fälle mit dem Augenspiegel und eine grosse Sammlung von Zeichnungen zeigte, welche mit dem Instrumente gemacht waren, und mir viele Schmeicheleien über diese einflussreichste aller Erfindungen sagte“. Nachdem Helmholtz bei dem Minister von Raumer seine Aufwartung gemacht, von Johannes Schulze äusserst gnädig aufgenommen worden, und sich endlich noch von Magnus, Dove und H. Rose Empfehlungsbriefe an englische Gelehrte und an den Chemiker Hofmann hatte geben lassen, besuchte er Volkmann in Halle und reiste sodann über Frankfurt und Mainz nach Bonn, wo er zu seiner grossen Freude einige Stunden mit Plücker zusammen sein konnte. „Derselbe kam mir zuerst etwas vornehm vor, wie es die Bonner Professoren

meistens sein sollen, nachher aber wurde er ganz gemüthlich, als er auf den Einfall kam, meine Anwesenheit durch eine ganz besonders gute Flasche Wein zu verherrlichen.“ Ueber Aachen, Lüttich, Gent, Ostende, Dover gelangte er nach London, wo er in einem Gasthofe abstieg, den ihm Tyndall empfohlen hatte. Nun liess er das englische Leben voll und ganz auf sich wirken und entwarf seiner Frau in täglichen Aufzeichnungen mit fesselnder Lebendigkeit seine vielseitigen, immer eigenartigen Beobachtungen. Nur weniges und hauptsächlich das die englischen Naturforscher betreffende, mit denen Helmholtz dort zuerst in Berührung kam und lebenslange Beziehungen anknüpfte, möge hier hervorgehoben werden:

„Du sollst nun hören vom grossen Babylon. Berlin ist an Umfang wie an Kulturmitteln ein Dorf gegen London. Hier ist alles in so riesenmässigem Massstabe, dass man sich bald über nichts mehr wundert, was man sieht. Dabei werden die Nachtheile der grossen Stadt durch die wundervollen Parks in der Stadt und die grünen Landpartien in deren Umgebung äusserst angenehm aufgewogen. Ich werde aber am besten meiner Lebensgeschichte folgen, um Dich von allem zu unterrichten . . . . . Zuerst machte ich mich nun auf, um Bence Jones, Arzt, Physiologe und Chemiker aufzusuchen, von dem ich Nachricht über du Bois und den Chemiker Hofmann einzuziehen hoffte. Er war aber zu du Bois' Hochzeit gereist. Die Gesandtschaft lag in der Nähe, ich ging dorthin, um meine Briefe an Bunsen abzugeben. Bunsen war beschäftigt und liess mich gleich zum andern Tage zu Tische bitten. Bei dieser Gelegenheit hatte ich schon etwas in die Parks hineingeblickt, die sich vom Westende bis fast zur Mitte der Stadt in einem Striche hinziehen. Den Nachmittag benutzte ich, sie noch weiter zu betrachten. Denke Dir, ungeheuer grosse Rasenplätze mit ganz kurzem, schönem Grase, stellenweise besetzt mit grossen alten Bäumen oder Baumgruppen, wenige ausgestochene Wege

hindurch, die eigentlich nur für Regenwetter berechnet sind, während bei trockener Witterung jederman beliebig durch das Gras geht, so hast Du das Ideal, das Du aus unserem Garten machen wolltest. Auf dem Rasen weiden überall Riesenhammel, fett wie ausgestopfte Wollsäcke, und halten das Gras gleichmässig kurz .... Das Frühstück bei Bunsen war eigentlich nur eine Art, eine Visite zu einer geschäftsfreien Zeit zu empfangen. Milady und zwei Töchter, ein Prof. Larso aus Berlin und Privatdocent Böttiger aus Halle, beides Kenner der orientalischen Sprachen, waren mit dort. Das Essen war ausgezeichnet, ohne luxuriös zu sein, wurde aber mit Dampf hineingejagt. Jeder einzelne bekam nach einander seine verschiedenen Gänge, ohne dass auf die anderen gewartet wurde. Ich war der letzte, weil ich viel sprechen musste. Bunsen scheint in Character viel Aehnlichkeit mit S. zu haben, für alles interessirt, beweglich, dabei etwas eitel. Er war übrigens sehr willfährig und zuvorkommend gegen mich, und schrieb mir gleich einen Empfehlungsbrief an den Zoologen Richard Owen, welchen ich eigentlich gar nicht haben wollte. Uebrigens war im Hause alles auf höchst vornehmen Fusse ..... British Museum. Hier waren nun Layard's Monumente, Elgin's Marmorsachen vom Parthenon, die von den Lycischen Grabdenkmälern u. a. in natura selbst zu sehen. Die assyrischen Stiere mit Menschenköpfen sind furchtbar grosse Burschen. Die Reliefs sind noch viel lebendiger als in den Zeichnungen, sie sind sehr bestimmt und kräftig gearbeitet und zum Theil noch wie neu. In England erregen sie nun noch deshalb ein grösseres Interesse als sonst wo, weil sie als Bestätigungen einiger Stellen des Alten Testaments dienen. Was ihren Kunststyl betrifft, so übertreffen sie die egyptische Kunst unendlich und stehen den besseren Sachen der alterthümlichen griechischen Kunst parallel. In der Entzifferung der Inschriften ist man auch schon vorgeschritten, wie mir Bunsen erzählte.

... Meine Versuche, Herrn Owen zu sehen, scheiterten, dagegen gelang es mir, den gegenwärtig ersten Physiker Englands und Europas, Faraday, zu sehen, leider vielleicht zum ersten und letzten Male, da er am Montag die Stadt verlassen wollte, und nicht wusste, ob er nach Hull kommen würde. Das waren für mich grosse und angenehme Augenblicke. Er ist einfach, liebenswürdig und anspruchslos wie ein Kind; ein so herzgewinnendes Wesen habe ich in einem Manne noch nie gesehen. Uebrigens war er äusserst zuvorkommend, zeigte mir selbst alles, was zu sehen war. Das war aber wenig, denn einige alte Stücke Holz, Draht und Eisen schienen ihm zu den grössten Entdeckungen zu genügen.

..... Von da ging ich zur hiesigen Nationalgalerie. Sie enthält schöne Rembrandt's, mässige Rubens' und Italiener, aber zwei wunderbar schöne Murillo's. Das eine, ganz einfache Bild, ein Johannes der Täufer als Knabe, an den sich ein Lamm anschmiegt, macht einen wunderbar mächtigen und rührenden Eindruck, obgleich eigentlich gar kein Grund da ist, gerührt zu werden. Es ist nichts als der braune, kräftige, fröhlich blickende Knabe im Walde, freilich mit einem wunderbar sinnigen und liebevollen Ausdrucke. Das andere grössere Bild ist eher etwas sentimental, wenn man will, hat aber auch den tiefsten Gemüthsausdruck. Maria und Joseph zu beiden Seiten knieend, halten den etwa 12jährigen Christusknaben zwischen sich auf einem Steine stehend, oben in den Wolken Gott Vater mit Engeln. Der Ausdruck der Eltern und des Kindes ist der, dass sie das Kind gern dem Willen Gottes hingeben wollen, und das Kind selbst freudig und verklärt nach oben sieht ....

Nachmittags fuhr ich im Omnibus nach Hammersmith, einem Dorf mit Villen an der Themse, um Prof. Wheatstone, Physiker, Erfinder der ersten brauchbaren elektrischen Telegraphen, aufzusuchen. Er war verreist, doch macht man mir Hoffnung, dass ich ihn in Hull finden

werde .... Abends um 7 Dinner bei Dr. Bence Jones, wo nur er, du Bois nebst Frau und ich waren. Bence Jones ist ein äusserst liebenswürdiger Mensch. Einfach, harmlos und herzlich, wie ein Kind, dabei ausserordentlich zuvorkommend gegen mich. Er verabredete zum anderen Tage gleich eine zweite Zusammenkunft, um den Augenspiegel zu sehen, und mich zu einem Mechanicus zu führen, wo Faraday's Instrumente gegen das Tischrücken zu sehen sind.

Donnerstag Vormittag, denke ich, habe ich an dem Vortrag gearbeitet, den ich halten will (On the mixture of Homogeneous Colours). Mittags, als ich zum Essen ging, begegnete ich Prof. Plücker aus Bonn auf der Strasse, der sich mir anschloss und erzählte, dass auch Prof. Sommer aus Königsberg in seinem Hause wohne. Nachher ging ich zu Bence Jones, wo wir das Verabredete vornahmen.

Zum Freitag hatte mich Airy aufgefordert, nach Greenwich zu kommen und bei ihm zu speisen. Er war das erste Mal etwas steif, er soll sehr unangenehm sein können, diesmal war er aber äusserst liebenswürdig, und da ich auf seine Expositionen einging, und viel lobte, einigem widersprach, konnte er gar kein Ende finden mit Herumführen, so dass ich die Sternwarte genauer gesehen habe, als vielleicht sonst jemand. Es sind hier ausser der eigentlichen Sternwarte, wovon ich weniger verstehe, ausserordentlich schöne Einrichtungen, für magnetische und meteorologische Beobachtungen, wobei der Stand der Instrumente sich fortdauernd selbst daguerrotypirt, so dass man schliesslich die Beobachtungsreihe genauer und vollständiger hat, als sie der fleissigste Beobachter geben kann. Dann waren elektromagnetische Zeitmessungsapparate da, um die Sterndurchgänge zu notiren, und elektrische Uhren, die gleichzeitig in London und an der Mündung der Themse und an allen Londoner Eisenbahnstationen die Zeit angeben müssen. Airy's Wohnung und Familienleben war, was man bei uns auf grossem Fuss nennen würde, eingerichtet, aber so ist

es bei den englischen Professoren meist. Seine Frau war etwas förmlich, wohl conservirt, angenehm in der Unterhaltung. Die englischen Damen sind stets sehr interessirt bei der Beschäftigung des Mannes, so wusste auch sie über alles Bescheid. Er hat eine bevorzugte Stellung, was er schreibt, geht nicht unter seinem Namen, sondern als vom Astronomer Royal in die Welt, und er ist den Anderen überlegen durch methodische Ausbildung, während die meisten englischen Physiker nicht wie die Franzosen durch Einübung in ausgebildeten Methoden, sondern durch reinen Instinct Grosses leisten, was freilich auch oft genug durch Unkenntniss der allergewöhnlichsten Dinge verdorben wird. Der Nachmittag in Greenwich gehörte zu den interessantesten und angenehmsten meiner Reise . . . .

. . . . Am Dienstag suchte ich Wittich auf und trieb mich mit ihm umher. Vormittag besuchten wir die Westminster Abtei; ihre Formen sind bei Weitem nicht so schön, wie die der besseren deutschen Dome. Sie ist zu schmal, und die Gewölbrippen nicht sehr entwickelt, aber die Reihe von Denkmälern berühmter Todten ist in der That imponirend und muss, glaube ich, den Stolz der Engländer in hohem Grade erregen; solche Männer gehabt zu haben, und sie so geehrt zu sehen, ist etwas Grosses. Da liegen die Professoren der Physik und Chemie zwischen den Königen, Feldherren, Künstlern, und auch Schauspieler ersten Ranges haben hier ihre Stätte und ihre Denkmäler gefunden: Newton, James Watt, Humphry Davy, Thomas Young, Shakespeare, Milton, Garrik, Mrs. Siddons, Heinrich V., Richard II., die Söhne Eduard's, Warren Hastings, beide Pitt's, Maria Stuart und Elisabeth . . . .

. . . . Mittwoch aufgesattelt und nach Hull abgesegelt, natürlich mit Eisenbahn, nicht mit Dampfboot. Ich traf auf dem Bahnhofe Prof. Plücker, mit dem ich zusammen fuhr. Die Reise ist wenig interessant. Weiter nördlich ist das Land nicht so exquisit grün, wie in London, meist

hügelig. Hier in Hull wurden wir einquartirt, ich bei einem Arzte Dr. Cooper, wo ich sehr fashionable wohne und verpflegt werde. Wir Fremde (ausser mir und Plücker ist nur ein Russe du Hamel da) werden mit der ausgesuchtesten Courtoisie behandelt. Gestern Abend 8 Uhr war erste allgemeine Zusammenkunft, wo der Präsident mit leiser Stimme eine Uebersicht der wichtigsten Fortschritte des letzten Jahres gab. Anwesend waren 600 Personen, von denen jede mindestens 1 £ bezahlt hatte, darunter 175 Damen. Bei der Uebersicht, welche zuletzt der Secretär gab, wurden wir Ausländer namentlich aufgeführt, ich kam vor als Prof. H. from Königsberg, welcher einen der wichtigsten Fortschritte of continental Science gemacht hat. Meine Erhaltung der Kraft ist hier mehr bekannt als in Deutschland und mehr als meine anderen Arbeiten.

Heute, Donnerstag früh, zuerst eingeladen zum Frühstück bei Mr. Frost, einem wohlhabenden Privatmann, Geologen. Dort traf ich Prof. Stokes von Cambridge, einen jungen Mann, aber von höchst ausgezeichneten Fähigkeiten, den ich zu sehen ganz aufgegeben hatte, weil er vorher in der Schweiz war.

..... Die British Association in Hull war, wie ich Dir schon schrieb, äusserst zahlreich besucht; die Zahl der Theilnehmer stieg allmählich auf 850, darunter 236 Damen. Letztere scheinen hier in England häufig unterrichtet zu sein in den Naturwissenschaften, zum grossen Theil kommen sie natürlich auch, um sich zu zeigen, oder aus Neugier, um die Discussionen mit anzuhören und sich daran zu amüsiren. Sie erschienen aber im Allgemeinen aufmerksam und schliefen nicht ein, selbst wenn die Versuchung dazu da war. Die sechs Sectionen der Gesellschaft hielten täglich von 11 bis 3 Uhr ihre Sitzungen. Vorher von 10 bis 11 waren die Comitésitzungen; ich wurde mit in das Comité der physikalischen Section genommen. Im Allgemeinen zog nun das Publicum von einer Section zur anderen, um die

berühmtesten Redner zu hören. Die Vorlesungen waren natürlich von sehr verschiedener Art; theils bedeutende wissenschaftliche Arbeiten, theils närrisches Zeug von Querköpfen, die sich einbildeten, bedeutende Entdeckungen gemacht zu haben. Doch wussten die Vorsitzenden solche Leute meist bald zu beseitigen. Am interessantesten waren die Berichte und Aufforderungen für gemeinschaftliche grössere Arbeiten, und die Art, wie die Engländer dergleichen anzugreifen wissen. So sind sie z. B. jetzt beschäftigt, mit ihren mächtigen Fernröhren die Oberfläche des Mondes zum Zwecke einer geologischen Vergleichung mit der der Erde zu untersuchen, wozu sich eine grosse Zahl von Astronomen und Dilettanten vereinigt haben. Ferner gehen sie damit um, ein Riesentelescop nach der südlichen Halbinsel zu spediren auf Staatskosten, um den südlichen Himmel zu untersuchen. Die Lieblingssectionen des Publicums waren die für Geologie, für Geographie und Ethnologie. In diesen Fächern waren auch die berühmtesten Gelehrten versammelt; für diese Fächer ist es wichtig, eine grosse Zahl von Leuten zu gemeinschaftlichen Arbeiten anzuleiten, und dazu ist die Association sehr geeignet. Von den Chemikern, Physikern, Astronomen fehlten dagegen viele von den bedeutendsten, z. B. Airy, Faraday, Wheatstone. Dagegen fand ich einige, deren Bekanntschaft mir sehr erwünscht war. Grove, einen Juristen und bedeutenden Physiker aus London, Andrews, Professor der Chemie aus Belfast, Stokes, Physiker aus Cambridge; von Leuten, die man allenfalls Physiologen nennen könnte, war keiner da. Von den Vorträgen waren ausgezeichnet in Bezug auf Klarheit und Popularität und doch wissenschaftlich bedeutend z. B. mehrere von den Geologen Phillipps, Hopkins, dem Ethnographen Dr. Latham, aber es waren auch viele schwerfällig, und viele, was mich überraschte, wurden gemurmelt und so schlecht gesprochen, dass sie nicht zu verstehen waren . . . . .

Ich habe einmal ex tempore mich in die Discussion gemengt, und einen Punkt aus der Optik des Auges, der in Deutschland durchgearbeitet war, auseinandergesetzt. Ich kam auch ohne Stocken durch, habe natürlich Fehler genug gemacht, indessen lobten mich die Engländer doch, und sagten, es sei vollständig klar und verständlich gewesen, obgleich ich einigen englischen Worten eine andere Bedeutung gegeben hätte, als sie gemeiniglich hätten. Meinen Vortrag über Farbenmischung las ich Dr. Francis vor, der die Fehler corrigirte, und wurde über diesen sehr gelobt. Der Styl war nun natürlich nicht ganz mein, aber auch mit der Aussprache waren sie sehr zufrieden, und ich bekam viele Complimente auf Kosten von Prof. Plücker, der für seine häufigen Besuche in England allerdings schlecht ausspricht. ..... Edinburg ist wirklich in malerischer Beziehung ganz ausserordentlich schön. Es liegt auf einer Zahl sehr steiler Hügel, an deren Abhängen die Häuser so gebaut sind, dass sie auf der einen Seite zwei oder drei, auf der anderen Seite acht oder neun Stockwerke haben, und das Parterre der einen Reihe oft über das Dach der anderen hinaussieht. Die hohen langen Häuser bauen sich an den Hügeln hinauf so steil über einander, wie die kleinen Seitenthürmchen einer gothischen Kathedrale, so dass die Stadt als Ganzes gleichsam einen gothischen Eindruck macht, wenn auch die einzelnen Häuser nicht gothisch gebaut sind. Ein an dem einen Rande gelegener Hügel (Carlton Hill) giebt einen wunderschönen Ueberblick über die Stadt und die reiche, theils bergige, theils ebene Umgebung derselben. Der Hügel selbst trägt die römisch gebaute Sternwarte; einige andere Monumente daselbst sind Copieen atheniensischer Gebäude, und ein angefangener Säulentempel scheint sogar eine Copie des Parthenon werden zu sollen. Man hat deshalb diesen Hügel nicht mit Unrecht mit der Acropolis von Athen verglichen, er sieht ähnlich aus, wie die Abbildungen von jener. ..... Von Edinburg fuhr ich nachmittags 2 Uhr durch eine

reich angebaute hügelige Gegend mit verschiedenen Ruinen nach Glasgow. Dies ist eine sehr grosse Geschäftsstadt, ungeheuer geräuschvoll und geschäftig, wimmelt von rothhaarigen, ungesunden, schmutzigen, armen Arbeitern und macht daher keinen erfreulichen Eindruck. Ich besuchte einen Physiker Prof. Thomson, der viel in Sachen der Erhaltung der Kraft gearbeitet hat; er war aber nach einem Seebade ausgeflogen.“

Helmholtz hatte noch beabsichtigt, auf der Rückreise von England Utrecht zu besuchen, um die persönliche Bekanntschaft von Donders zu machen, musste aber in Folge einer Erkrankung seiner Frau schneller heimkehren, als er gerechnet hatte; seine Frau überwand jedoch das immer häufiger wiederkehrende Leiden diesmal schnell, und er konnte nun in körperlicher und geistiger Frische mit ihr in seinen Reiseerinnerungen schwelgen. Diese Reise nach England hatte auf ihn einen grossen und nachhaltigen Eindruck ausgeübt, so dass er später gern jede Gelegenheit benutzte, um jenes Land und seine wissenschaftlichen Freunde wiederzusehen.

„England ist ein grosses Land“, schreibt er an Ludwig, „und man fühlt hier, was für ein grossartiges und herrliches Ding die Civilisation ist, wenn sie in alle kleinsten Beziehungen des Lebens eindringt. Gegen London sind Berlin und Wien doch nur Dörfer. London lässt sich gar nicht beschreiben, man muss das dortige Treiben mit eigenen Augen gesehen haben, es ist ein Lebensereigniss, es zu sehen, man lernt dort das menschliche Treiben nach anderem Massstabe zu beurtheilen.“

In der Mitte des October 1853 erhielt Helmholtz endlich die Arbeit von Cramer, auf die er Monate lang gewartet, und nun erst ging er wieder an die Fortsetzung der durch die schriftlichen Mittheilungen von Donders unterbrochenen Untersuchungen über Accommodation. Nachdem er die Aufforderung von Vieweg, ein Lehrbuch der physiologischen

Physik zu schreiben, abgelehnt und Fick dafür vorgeschlagen, dagegen sich entschlossen hatte, auf Drängen von Karsten in dessen grosser Encyclopädie der Physik die Bearbeitung der physiologischen Optik zu übernehmen, die — was Helmholtz nicht vermuthet hatte — zu ihrer Vollendung ein Jahrzehnt erfordern sollte, beschäftigte er sich zunächst damit, nach einer neuen Methode die Formen und Entfernungen der brechenden Flächen des Auges, der Hornhaut, der vorderen und hinteren Linsenfläche an lebenden Augen zu bestimmen, um dadurch sichere Grundlagen für die Bestimmung des Ganges der Lichtstrahlen im Auge zu erhalten. Schon im April des Jahres 1854 war er so weit darin vorgerückt, dass er nach dem Studium der Cramer'schen Arbeit Donders gegenüber die Hoffnung aussprechen konnte, nunmehr die bei der Adaption in Betracht kommende Wölbung der Iris und Verschiebung ihres Pupillenrandes nach vorn sicher bestimmen zu können:

„Ich bekam die Abhandlung des Herrn Dr. Cramer unmittelbar, nachdem ich meinen ersten Brief an Sie abgesendet hatte. Ich habe das Buch, für dessen Mittheilung ich Ihnen noch besten Dank sage, sogleich durchstudirt, was mir einige Mühe machte, da ich dabei erst das Holländische verstehen lernen musste. Glücklicher Weise ist Ihre Sprache der unseren so verwandt, dass ihr Verständniss uns nicht viel Mühe macht. Die Arbeit des Herrn Dr. Cramer ist sehr gediegen und interessant. Die Versuche an ausgeschnittenen Augen frisch getödteter Thiere waren mir noch nicht gelungen, weil ich Kaninchen gewählt hatte. Cramer's Versuche an solchen Augen beweisen, dass die Iris nothwendig sei, um die Adaption für die Nähe zu bewerkstelligen, wie ich es auch schon vorausgesetzt hatte. Aber es scheint mir noch zweifelhaft, ob es die Iris allein sei. Wenn die Accommodation für die Nähe ausgeführt wird, tritt auch der Rand der Pupille selbst nach vorn, während eine Zusammenziehung der Iris allein, ihrer radialen und

circularen Fasern, wie sie Cramer gewiss mit Recht annimmt, eher das Gegentheil bewirken sollte."

Diese schwierigen optischen Untersuchungen wurden zunächst durch eine andere unaufschiebbare Arbeit zurückgedrängt, zu der sich ihm eine recht unerfreuliche Veranlassung bot. Am Ende des Jahres 1853 hatten Helmholtz die in den Annalen erschienenen, der Form und dem Inhalte nach ungerechtfertigten Angriffe von Clausius gegen seine Schrift über die Erhaltung der Kraft viel Aerger und Missstimmung verursacht, zumal da sie von einem Altersgenossen und angesehenen Mitgliede der physikalischen Gesellschaft ausgingen, mit dem er seit dem Jahre 1848 genau bekannt gewesen und eine längere Zeit hindurch sogar täglich zusammengekommen war; am Anfange des Jahres 1854 wehrte er diese Angriffe in derselben Zeitschrift unter dem Titel „Erwiderung auf die Bemerkung von Herrn Clausius" so siegreich ab, dass ein Zweifel über die Richtigkeit dessen, was er als erwiesen hingestellt, nicht mehr möglich war.

Aber er brauchte zwei Monate, um der Antwort eine möglichst bündige und ruhige Form zu geben. „Von seinen Aussetzungen", schreibt er am 2. Februar 1854 an Ludwig, „bleibt glücklicher Weise nur eine auf mir sitzen, und eine, die ich am Ende tragen kann, nämlich mein Missverständniss der Schrift von Holtzmann." Und weil Helmholtz es gewesen ist, welcher wie kein anderer die späteren Arbeiten von Clausius der wissenschaftlichen Welt pries, und weil gerade sein Bemühen Clausius der höchsten wissenschaftlichen Ehren theilhaftig machte, darf man es heute gerechtfertigt finden, wenn es Helmholtz verdross, dass Clausius in seinen früheren Aufsätzen die Schrift über die Erhaltung der Kraft nie genannt hat, ehe er glaubte, Fehler in derselben aufdecken zu können. Helmholtz durfte nicht ohne Grund schreiben: „weil die nicht mathematischen Physiker wissen, dass ich nicht studirter Mathematiker bin, werden sie dem Clausius glauben,

wenn er mir in solcher Weise die gröbsten Eseleien vorwirft". Nur um Clausius für die künftige Zeit etwas mehr Nachsicht gegen andere anzuempfehlen, berichtigt er im Jahresbericht der physikalischen Gesellschaft einen mathematischen Fehler desselben, während er sich in seiner Antwort an Clausius gegen die Angriffe auf seine grosse Arbeit nur abwehrend verhält.

Man muss sich zunächst erinnern, dass Helmholtz zur Zeit, als er „die Erhaltung der Kraft" veröffentlichte, bereits viel über eine mechanische Theorie der Wärme gearbeitet hatte, nachher aber aus der gedruckten Abhandlung alles wegliess, was nach Hypothesen aussah, „um dadurch nicht die Aufnahme des Aufsatzes bei den Physikern zu erschweren". Er hatte später die Sache ganz liegen lassen, weil er glaubte, dass die mechanische Wärmetheorie nur dann mit Nutzen gefördert werden könne, wenn man jede besondere Voraussetzung über die Constitution der Molecüle möglichst vermeidet und nur so allgemein wie möglich untersucht, wie Bewegungen innerhalb der zusammengesetzten Molekeln auf die Stellung der Nachbarmolekeln einwirken können. Aber er hatte sich noch viel weiter greifende Fragen vor Abfassung seiner Schrift „Ueber die Erhaltung der Kraft" vorgelegt. Als Carnot noch unter der Vorstellung, dass Wärme ein Stoff und als solcher unzerstörbar und unvermehrbar sei, diejenigen Vorgänge untersuchte, bei welchen Wärme mechanische Arbeit leisten kann, fand er, dass dies nur der Fall sei, wenn Wärme von heissen zu kalten Körpern übergeht; so ergab sich leicht, dass ein Perpetuum mobile nur dann unmöglich sein würde, wenn die Rückführung der Wärme aus kälteren in wärmere Körper einen entsprechenden Arbeitsaufwand erforderte, wie ihn der entgegengesetzte Uebergang vorher geleistet hatte, und dass ausserdem dieser Aufwand unabhängig von der Natur des übertragenden Körpers sein müsse. Durch die Arbeiten über die Erhaltung der Kraft war es aber unmöglich geworden,

die stoffliche Natur der Wärme noch weiter aufrecht zu erhalten, welche eine wesentliche Voraussetzung der Carnotschen Deduction war. Helmholtz machte schon damals Versuche, um Beweise für einige der Folgerungen Carnot's, welche ihm thatsächlich richtig erschienen, mit Hülfe mechanischer Principien für die Theorie der Wärme zu ersinnen, musste es aber der Zukunft überlassen, über die Wahrheit jener Sätze eine Entscheidung zu treffen. Er war also in seinen Überlegungen schon viel weiter vorgeschritten, als es Clausius aus seiner Schrift über die Erhaltung der Kraft entnehmen konnte und als es dieser noch einige Jahre später thatsächlich selbst gewesen.

Clausius greift nun zunächst die von Helmholtz gegebene Ableitung des Gesetzes der Wärmeentwickelung bei elektrischen Entladungen aus dem Princip der Erhaltung der Kraft an; wie schon in dem oben erwähnten Briefe an du Bois hervorgehoben wurde, hatte er die von Helmholtz gegebene Definition des Potentials einer Masse auf sich selbst, welche von der gewöhnlichen abweichend war, nicht beachtet. Noch mehrere Jahre später präcisirt Helmholtz in einem Briefe an Tait vom 19. März 1867 eben diese Differenz mit Clausius dahin:

„Was meinen Streit mit Clausius betrifft, so war über das mechanische Aequivalent keine wesentliche Abweichung zwischen uns, als dass Clausius die Wärme des Funkens berücksichtigte, die ich vernachlässigen zu dürfen geglaubt hatte, und dass ich unter Potential eines Körpers auf sich selbst die Summe $m_a m_b / r_{ab}$ verstand ohne Ausschluss der Wiederholungen der Indices (ab) und (ba), während Clausius dem schon von anderen Mathematikern gefolgten Gebrauche gemäss die Wiederholungen ausschloss, und also was er Potential nannte, halb so gross war, als was ich so nannte. In der Sache war beides gleich richtig."

Eben so leicht konnte Helmholtz den zweiten gegen ihn erhobenen Vorwurf zurückweisen, der sich gegen die

Folgerungen richtete, welche er aus dem Riess'schen Gesetze gezogen hatte, dass bei verschiedenen Ladungen und verschiedener Anzahl gleich construirter Flaschen die in jedem einzelnen Theile desselben Schliessungsdrahtes entwickelte Wärme proportional sei dem Quadrate der Quantität der Elektricität und umgekehrt proportional der Oberfläche der Belegung der Flaschen; denn dieser Vorwurf traf gar nicht Helmholtz und seine aus der Annahme der Existenz jenes Gesetzes gezogenen Schlüsse, da Clausius die Richtigkeit des Riess'schen Gesetzes selbst angriff und vor allem die Verallgemeinerungen dieses Gesetzes anzweifelte, deren Richtigkeit Helmholtz selbst in seiner Schrift erst durch Beobachtungen bestätigt wissen wollte. Was ferner das Missverständniss einer Stelle in dem Buche von Holtzmann betrifft, so giebt dies Helmholtz, wie schon in dem letzten Briefe an Ludwig hervorgehoben, unumwunden zu. Der Angriff von Clausius, welcher wohl den Hauptstoss gegen die Arbeit von Helmholtz bilden sollte, war gegen den Beweis des Satzes gerichtet, dass das Princip von der Erhaltung der lebendigen Kraft nur da gilt, wo die wirkenden Kräfte sich auflösen lassen in Kräfte materieller Punkte, welche in der Richtung der Verbindungslinie wirken, und deren Intensität nur von der Entfernung abhängt; derselbe giebt Helmholtz Gelegenheit zu einer längeren und wichtigen Auseinandersetzung, auf welche die fundamentalen thermodynamischen Arbeiten, die grossartigsten Leistungen des letzten Jahrzehntes seines Lebens, wenn auch in völlig veränderter Auffassung, wieder zurückgreifen.

Helmholtz erkennt sehr wohl die Bedeutung eines Angriffs gerade gegen diesen Theil seiner Schrift über die Erhaltung der Kraft, weil derselbe den Hauptfortschritt gegen die Untersuchungen von Robert Mayer darstellte, und auf diesen Betrachtungen die grosse principielle Bedeutung seiner eigenen Arbeit basirte. Techniker und Physiker hatten seit alter Zeit das Product aus der Grösse

eines gehobenen Gewichtes und seiner Hebungshöhe als Maass der Arbeit bezeichnet; dieser Begriff der Arbeitsgrösse, des Productes aus der Kraftcomponente, die längs eines Weges wirkt, und der Weglänge, musste von der mit constanter Intensität und in constant bleibender Richtung wirkenden Schwerkraft übertragen werden auf die Fälle, wo viele oder unendlich viele in Wechselwirkung stehende Massen oder Massenelemente sich gegen einander verschieben, und wobei längs der Wege, die jedes einzelne Massenelement beschreibt, die von den anderen Massenelementen ausgeübten Kräfte Arbeit leisten. Für anziehende und abstossende Kräfte, deren Intensität dem Quadrat der Entfernung der auf einander wirkenden Massen proportional ist, hatte Green die Arbeitsgrösse das Potential genannt und dessen mathematische Eigenschaften für die elektrischen und magnetischen Phänomene verwerthet. Die Einführung dieser negativ genommenen Grösse als potentielle Energie für alle Probleme der Mechanik und Physik, die hinzugenommen zu der halben Summe der Producte der Massen in die Quadrate der Geschwindigkeiten, welche die lebendige Kraft oder die actuelle Energie genannt wurde, hatte Helmholtz von dem schon früher bekannten Princip von der „Erhaltung der lebendigen Kraft", welches für die Mechanik wägbarer Massen entwickelt war, zu dem grossen Princip von „der Erhaltung der Kraft" geführt, welches neben die Ueberzeugung von der Unzerstörbarkeit und Unvermehrbarkeit der Materie auch die Constanz der Energie, als Summe der actuellen und potentiellen Energie, hinstellte; in der alten Formulirung des Naturgesetzes, in dem sogenannten Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft, verglich man dagegen nur Fälle mit einander, in denen jene Arbeitsgrösse denselben Werth hatte und sich somit aus der Differenz der verglichenen Werthe forthob.

Gegen die Herleitung eben dieses Princips der „Erhaltung der lebendigen Kraft", wie sie Helmholtz in seiner

Schrift für dieses Gesetz lieferte, welches für ihn den Ausgangspunkt für die Herleitung seines eigenen grossen Naturgesetzes bildete, richtete Clausius seine Einwände. Er behauptete, Helmholtz habe schon für den einfachen Fall, dass zwei einzelne materielle Punkte gegen einander wirken, ausser der Annahme des Princips von der Erhaltung der lebendigen Kraft, noch angenommen, dass die Grösse der Kraft eine Function der Entfernung sei, und habe daraus geschlossen, dass die Richtung der Kraft in der Verbindungslinie der Punkte liege. Helmholtz zeigt, dass auch dieser Vorwurf unbegründet ist und geht bei dieser Gelegenheit auf eine nochmalige und ausführlichere Discussion dieses Punktes ein, die für die Behandlung der Frage wieder neue und interessante Gesichtspunkte liefert. Von der Definition ausgehend, dass bewegliche Punkte gleiche relative Lage zu einander haben, so oft ein Coordinatensystem zu construiren ist, in welchem alle ihre Coordinaten beziehungsweise dieselben Werthe wiederbekommen, spricht Helmholtz den Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft in der Form aus: Wenn in beliebiger Zahl bewegliche Massenpunkte sich nur unter dem Einfluss solcher Kräfte bewegen, die sie selbst gegen einander ausüben, so ist die Summe der lebendigen Kräfte aller zusammengenommen zu allen Zeitpunkten dieselbe, in welchen alle Punkte dieselben relativen Lagen gegen einander einnehmen, wie auch ihre Bahnen und Geschwindigkeiten in der Zwischenzeit gewesen sein mögen, und auf Grund dieses Satzes widerlegt er von Neuem den Einwand von Clausius, dass in gewissen Fällen die lebendige Kraft eine ganz beliebige Function der Coordinaten des Systems sein könne. Er hebt aber noch ausdrücklich hervor, dass er freilich in seiner Arbeit die Annahme gemacht habe, die Kraft, welche ein Punkt auf einen anderen ausübt, sei unabhängig von der Anwesenheit noch anderer auf diesen Punkt wirkender Kräfte, aber dies sei ein in der Mechanik stets als richtig angenommenes

Princip gewesen. Am Schlusse seiner Arbeit sagt Helmholtz, dass er in der Theorie des Galvanismus die Einwürfe von Clausius erwarten müsse:

„Das Kapitel der Elektrodynamik ist in meiner Schrift nur unter einer sehr beschränkenden Voraussetzung durchgeführt, weil ich damals von aller mathematisch-physikalischen Literatur entblösst, fast auf das beschränkt war, was ich selbst zu erfinden wusste. . . . . Ich kann es nur für einen Gewinn halten, wenn die Ideenverbindungen, welche ich in meiner Schrift damals zu einer Zeit, wo sie noch wenig Anklang unter den Physikern fanden, darzulegen suchte, jetzt von einem Anderen in anderer Form wieder aufgenommen und in so vollständiger und kritischer Weise durchgearbeitet werden, wie es bisher bei anderen Kapiteln der Theorie von der Erhaltung der Kraft durch Herrn Clausius geschehen ist.“

Nun giebt er noch eine Reihe von Resultaten, welche er mit erweiterten Hülfsmitteln später gewonnen hat, und spricht unter anderem den Satz aus, dass, wenn man einen Magnet aus unendlicher Entfernung einem durch Vertheilung magnetisirten Körper nähert, dabei mechanische Arbeit gewonnen wird, deren Werth am Ende des Weges gleich der Hälfte des Potentials des vertheilten Körpers gegen den vertheilenden ist. Aber „um Clausius nicht vorzugreifen“, gab er nicht alle Resultate, zu denen er bereits damals gelangt war. Es ist aus einem Bruchstücke seiner Aufzeichnungen zu ersehen, dass, während er zur Zeit der Ausarbeitung seiner „Erhaltung der Kraft“ nur einzelne aus dem Zusammenhange gerissene Sätze der Arbeiten von Poisson, Green und Gauss benutzen konnte und sich deshalb auf den Fall beschränkte, wo das durch Vertheilung magnetische Eisen vollkommen weich war und somit der Magnetisirung gar keinen Widerstand entgegensetzte — die Vertheilung des Magnetismus also dieselbe war, wie die der Elektricität in Leitern, welche durch Vertheilung

elektrisirt sind — er nunmehr die mathematische Behandlung der hierher gehörigen Probleme durchgeführt hatte, von der Annahme ausgehend, dass die Magnetisirung eines körperlichen Elementes proportional sei der magnetisirenden Kraft.

Die Arbeit von Helmholtz, welche die Angriffe von Clausius zurückweisen sollte, ist deshalb von so grossem Interesse, weil einerseits erst hier die Fülle und Tiefe der mathematischen und physikalischen Untersuchungen sich klar übersehen lässt, die Helmholtz wahrscheinlich schon in seinem 24. Lebensjahre im Princip durchgeführt hatte, andererseits aber auch ähnliche Deductionen den grossen und bewundernswerthen Arbeiten seiner letzten Lebensjahre zu Grunde liegen.

Die durch die Clausius'sche Arbeit hervorgerufene erneute Beschäftigung mit dem Princip von der Erhaltung der Kraft und die von allen Seiten in Königsberg an ihn herantretende Aufforderung, über dieses immer mehr in das wissenschaftliche Publicum eindringende Fundament der gesammten naturwissenschaftlichen Forschung der Zukunft einen für einen grösseren Kreis gebildeter Zuhörer verständlichen Vortrag zu halten, waren die unmittelbare Veranlassung zu einem seiner glänzendsten und am weitesten verbreiteten populär-wissenschaftlichen Vorträge „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittelungen der Physik". Interessant und charakteristisch zugleich ist die Beurtheilung des streng censirenden Vaters:

„Mich selbst hat sie sehr erfreut, theils durch ihre Klarheit und ihren reichen factischen Inhalt, durch die nicht gesuchte und doch geistreiche Herbeiziehung manches witzigen Schmuckes; das Festhalten wissenschaftlichen Ernstes bei allem Bestreben, ein nicht wissenschaftliches Auditorium zu fesseln und zu erregen, theils aber besonders durch die höhere ideelle Beziehung, in welche die scheinbar ganz ihren besonderen Gang für sich gehenden Untersuchungen

gesetzt sind. Die Einsicht, dass jede sinnliche Erscheinung, sei es ein unendlich kleines Infusionsthier, sei es ein unendlich grosses Sonnensystem, vergänglich sei, ergiebt sich freilich dem philosophischen Denken des Räumlichen und Zeitlichen und einer unendlich schaffenden Idee von selbst; aber das ist eben meine Freude, die mir schon bei Müller's Physiologie aufging, dass gerade die angegriffene Naturwissenschaft auf dem Wege ist, durch das sinnliche Experiment zu demselben Ziele zu gelangen, zu welchem die geistige Entwicklung der Idee gelangt ist, und so dem, der einmal für die Realität des Geistigen keinen Sinn hat, die äussere Schöpfung ebenso als Offenbarung der ewigen Idee zu eröffnen. Erst wenn man überzeugt werden wird, dass Natur und Geschichte die Aeusserungen des göttlichen Lebens sind, die objectiv unverrückbar, von keiner Subjectivität eines Individuum oder einer Zeitentwicklungsstufe abhängig, für jeden zu jeder Zeit als die heiligen Offenbarungstafeln in unvergängliche Erze niedergelegt sind, und dass jede historische und persönliche Offenbarung erst an ihr geprüft und verstanden werden muss, erst dann werden wir den sichern und nie wieder zu verlassenden Weg der Erkenntniss Gottes betreten haben. Das einzige, was mir an Deiner Vorlesung nicht gefallen hat, obgleich ich Deinen Zweck dabei sehr wohl begreife, ist das Herbeiziehen der mosaischen Schöpfungsgeschichte; das ist doch im Grund und Boden unwahr und eine schwächliche Nachgiebigkeit der Wissenschaft, die man ihren Gegnern, den in ihrer Faulheit auf den Kinderstufen des Geistes beharrenden Buchstabengläubigen, nicht zeigen muss. Ich habe Fichte bei Uebersendung seines letzten grösseren philosophischen Werkes darüber getadelt; er hat es zugegeben und versprochen, es nicht wieder zu thun. Gewonnen und versöhnt wird dadurch kein Gegner, sondern für den Schwachen entweder das Verständniss der Bibel oder das des wissenschaftlichen Resultats verwirrt.“

Selbst der unvergleichlich sprachgewandte du Bois

schreibt ihm über diese Rede: „ich finde sie einzig, namentlich Anfang und Ende, und bewundere, wie Du Dich in stylistischer Hinsicht entwickelt hast. Ueberall ist sie mit grosser Wärme aufgenommen worden.“ Helmholtz genügt in diesem Vortrage vollauf den Bedingungen, deren Erfüllung er für eine populäre Darstellung wissenschaftlicher Resultate als nothwendig erachtet:

„Für eine allgemein fassliche Darlegung der gewonnenen Einsichten“, sagt er bei anderer Gelegenheit, „ist ein gewisses künstlerisches Talent der Darstellung nöthig, eine gewisse Art von Beredsamkeit; der Vortragende oder Schreibende muss allgemein zugängliche Anschauungen finden, mittelst derer er seine Vorstellungen in möglichst sinnlicher Lebendigkeit hervorruft und an diesen dann auch die abstracten Sätze, die er verständlich machen will, concretes Leben gewinnen lässt.“

Die Rede enthält nicht allein eine meisterhafte und allgemein verständliche Darlegung des Princips der Erhaltung der Kraft, in welcher eine historische Entwickelung der hierher gehörigen mechanischen Principien gegeben und bei dieser zuerst sich bietenden Gelegenheit hervorgehoben wird, dass „der Erste, welcher das allgemeine Naturgesetz, um welches es sich hier handelt, richtig auffasste und aussprach, ein deutscher Arzt, J. R. Mayer, in Heilbronn 1842“ gewesen. Helmholtz geht vielmehr, sich stützend auf dieses allgemeine Naturgesetz, zu dessen Verständniss er die Zuhörer geführt, indem er die Kraftentwickelung durch Naturprocesse in ihrem Verhältnisse zum Nutzen der Menschen, als Arbeitskraft in Maschinen dargelegt hat, zu der Frage über, ob die Menge der Arbeitskraft, wenn sie ohne entsprechenden Verbrauch nicht vermehrt werden kann, vermindert werden oder verloren gehen könne, und findet die präcise Antwort: „für die Zwecke unserer Maschinen allerdings, aber nicht für das Naturganze“. Und nun entwickelt er den Carnot-Clausius'schen Satz, dass Wärme nur dann, wenn sie von einem wärmeren zu einem kälteren

Körper übergeht, und auch dann nur theilweise, in mechanische Arbeit verwandelt werden kann, dass wir also die Wärme eines Körpers, den wir nicht weiter abkühlen können, auch nicht in eine andere Wirkungsform, in mechanische, elektrische oder chemische Kräfte zurückführen können, erörtert die Consequenzen dieses Naturgesetzes für das Weltganze — „physikalisch-mechanische Gesetze sind wie Teleskope unseres geistigen Auges, welche in die fernste Nacht der Vergangenheit und Zukunft eindringen" — und leitet Resultate her, welche du Bois treffend zu seinen „geistreichsten Funden" rechnet.

Wenn sämmtliche Körper der Natur dieselbe Temperatur hätten, würde es unmöglich sein, irgend einen Theil ihrer Wärme wiederum in Arbeit umzusetzen. Also kann der ganze Kraftvorrath des Weltganzen in zwei Theile getheilt werden, von denen der eine Wärme ist und bleibt, der andere, zu dem ein Theil der Wärme der heisseren Körper und der ganze Vorrath chemischer, elektrischer und magnetischer Kräfte gehört, den ganzen Reichthum wechselnder Veränderung in der Natur unterhält. Da nun die Wärme heisser Körper fortwährend auf weniger warme überzugehen und Temperaturgleichgewicht hervorzubringen strebt, und bei jeder Bewegung irdischer Körper durch Reibung oder Stoss, ebenso bei jedem chemischen oder elektrischen Processe ein Theil mechanischer Kraft in Wärme übergeht, von welcher aber nur ein Theil zurückverwandelt werden kann, so folgt, dass der erste Theil des Kraftvorrathes, die unveränderte Wärme, bei jedem Naturprocesse fortdauernd zunimmt, der zweite, der der mechanischen, chemischen, elektrischen Kräfte fortdauernd abnimmt. Es muss somit, da endlich aller Kraftvorrath in Wärme übergeht, und alle Wärme in das Gleichgewicht der Temperatur kommt, wie schon W. Thomson gefolgert, vollständiger Stillstand aller Naturprocesse eintreten, und das Weltall ist von da an zu ewiger Ruhe verurtheilt.

Aber es blieb dabei noch das grosse Räthsel des Ursprungs der Sonnenwärme zu lösen, welche auf der Erde den Kreislauf des Wassers durch Wolkenbildung, Niederschläge und Ströme, worauf alle unorganische Bewegung beruht, und den Kreislauf des Lebens durch den Stoffwechsel der Pflanzen und Thiere unterhält. Wie heiss die Sonne sei, und wie viel Wärmeeinheiten sie unaufhörlich allerwärts entsende, konnte berechnet werden, aber keine irgend stichhaltige Vermuthung über den Ursprung dieser Wärme war aufgestellt worden. Von der Kant-Laplace'schen Hypothese ausgehend, dass die jetzt in der Sonne und den Planeten vertheilte Materie ursprünglich in Gestalt eines kreisenden Nebelballes den Raum erfüllte und durch Centrifugal- und Gravitationskräfte die nunmehrige Gestalt des Planetensystems annahm, und unter der Voraussetzung, dass am Anfange die Dichtigkeit der Nebelmasse verschwindend klein gewesen sei gegen die jetzige Dichtigkeit der Sonne und der Planeten, konnte Helmholtz berechnen, wie viel Arbeit bei der Verdichtung geleistet worden, und wie viel von dieser Arbeit noch jetzt in Form mechanischer Kraftgrössen, der Anziehung der Planeten gegen die Sonne und der lebendigen Kraft ihrer Bewegung, besteht, und konnte daraus wieder mit Hülfe des mechanischen Wärmeäquivalentes unmittelbar ermitteln, wie viel jener Arbeit in Wärme verwandelt worden ist. Helmholtz fand, dass nur noch etwa der 454. Theil der ursprünglichen mechanischen Kraft als solche besteht, während das Uebrige in Wärme verwandelt hinreicht, um eine der Masse der Sonne und Planeten zusammengenommen gleiche Wassermasse um 28 611 000 Grade des hunderttheiligen Thermometers zu erhitzen. „Die ungeheure Wärmequantität, die unserem Planetensystem ohne Ersatz verloren ging, ist aber dem Weltall nicht verloren; sie ist hinausgegangen und geht noch täglich hinaus in die unendlichen Räume, und wir wissen nicht, ob das Mittel, welches die Licht- und Wärmeschwingungen fortleitet, irgendwo Grenzen hat, wo die Strahlen

umkehren müssen, und ob sie für immer ihre Reise in die Unendlichkeit fortsetzen."

Freilich folgt aus den Helmholtz'schen Ueberlegungen, dass auch jene gewaltige ursprüngliche Wärmemitgift der Sonne einmal erschöpft sein wird, deren leuchtende und wärmende Strahlen den ungeheuren Reichthum von immer neu wechselnden organischen und anorganischen Vorgängen auf der Erde in Gang erhalten, und der Menschheit eine ewige Eiszeit droht, wenn auch, wie W. Thomson bemerkt, die Sonne bei ihrer Zusammenziehung in Folge der Abkühlung stets wieder einen gewissen Wärmezuschuss erhält. So lässt jenes allgemeine Grundgesetz der Natur für unser Menschengeschlecht wohl ein langes, aber kein ewiges Bestehen zu:

„Wie der Einzelne den Gedanken seines Todes ertragen muss, muss es auch das Geschlecht; aber es hat vor anderen untergegangenen Lebensformen höhere sittliche Aufgaben voraus, deren Träger es ist und mit deren Vollendung es seine Bestimmung erfüllt."

Welch' gewaltigen wissenschaftlichen und moralischen Eindruck dieser Vortrag in der naturwissenschaftlich gebildeten Welt machte, ist aus einem Schreiben Ludwig's an den preussischen Minister deutlich zu erkennen. Ludwig war nämlich mit Rudolph Wagner in Göttingen in eine wissenschaftliche Fehde gerathen, die aber durch die damals mächtige Partei wissenschaftlichen Rückschrittes bald in einen Streit verschiedener religiöser Anschauungen ausartete. „Was hast Du denn in Göttingen mit R. Wagner vorgehabt", schreibt Helmholtz an Ludwig. „Es sind dunkle Gerüchte hierher gedrungen, als hättet Ihr beide, wie weiland Dr. Eck und Dr. Luther, eine öffentliche Disputation über die Natur der Seele gehalten oder halten wollen, worin Wagner natürlich mit der Bibel in der Hand gestritten und Du die Sache des Teufels, des Atheismus u. s. w. verfochten hättest." Ludwig war nun in der That zunächst trotz aller Bemühungen von Helmholtz und du Bois in Preussen keine

genehme Persönlichkeit. Als er ein Jahr später bei der Besetzung des physiologischen Lehrstuhles in Bonn, wiewohl der weit ältere der damaligen in Frage kommenden Physiologen, wiederum übergangen wurde, richtete er ein durch seine vornehme Gesinnung wahrhaft wohlthuendes Schreiben an den preussischen Minister, in dem er jetzt, nachdem die Angelegenheit bereits entschieden sei und unlautere Motive seinem Schreiben nicht mehr untergelegt werden könnten, das Unhaltbare der Verquickung wissenschaftlicher Forschungen mit religiösen Anschauungen darthut, und in dem sich in Bezug auf die oben besprochene Rede von Helmholtz die Stelle findet: „Wie sehr endlich die religiösen Anschauungen ganz unabhängig von der physikalischen Physiologie sind, geht daraus hervor, dass der Haller Physiologe Volkmann, ein hervorragender Anhänger der Richtung und ein lieber Freund von uns anderen, nicht allein ein strenger Christ ist, sondern sich auch neulich bemüht hat, aus der oben erwähnten Rede von Helmholtz einen Beweis für den persönlichen Gott zu gewinnen."

Am 1. Juni schon theilt Helmholtz seinem Vater mit, dass bereits ein zweiter Abdruck seines Vortrages ausgegeben worden, und fügt hinzu:

„Ich habe mehrere äusserst schmeichelhafte Recensionen davon gelesen, aber man sah ihnen stets an, dass sich die Recensenten fast garnicht in die Betrachtungsweise der Naturwissenschaften hineindenken konnten. Es stehen diese Wissenschaften der allgemeinen Richtung der Bildung in Deutschland noch ausserordentlich fremdartig gegenüber."

Der Sommer 1854 brachte Helmholtz viele und erfreuliche Abwechselung; vor allem kam endlich der längst projectirte vierwöchentliche Besuch seines Vaters zu Stande, dessen sehnlichster Wunsch es war, seinen Sohn in seinem Familienglück und den hochangesehenen Forscher im Kreise der Königsberger Gelehrten sehen zu können; zu diesen hoffte der Vater selbst in nähere Beziehung zu treten, seit

er von seinem Sohne durch die Mittheilung erfreut worden, dass der Oberbibliothekar und Orientalist Olshausen in der Bibliothek seine Abhandlung über die Araber gefunden und sich sehr darüber gefreut habe, indem er sich selbst schon längere Zeit eine solche Arbeit auszuführen vorgenommen habe. Dann brachte Johanna Wagner reges musikalisches Leben in die Königsberger Gesellschaft, „ich habe schon grössere Gesangskünstlerinnen gehört und schönere Stimmen, und die Schröder-Devrient mag noch gewaltiger gespielt haben, so wie es auch noch andere mehr imponirende Schönheiten auf der Bühne gegeben haben mag, aber so viel von jeder dieser Eigenschaften im Verein wie bei der Wagner habe ich noch nicht gesehen und der frische, volle, natürliche und jugendfrische Fluss ihrer Darstellung macht einen wahrhaft erquickenden Eindruck“. Auch der König kam in die alte Krönungsstadt, und Helmholtz, als Decan der medicinischen Facultät, musste „drei Tage hintereinander im Scharlachmantel bei Hofe erscheinen, zum Empfange, zur Mittagstafel und zum Abschiede“; endlich fand noch die Wiederverheirathung seiner verwittweten Schwägerin Betty in seinem Hause statt, so dass seine Zeit in diesen Sommermonaten sehr in Anspruch genommen war.

Trotz aller dieser Unterbrechungen setzte er während des Sommers neben der Beschäftigung mit den schwierigsten optischen Problemen seine Nervenreizungsversuche fort und übersandte du Bois am 13. Juni eine kleine Notiz für die Akademie: „Ueber die Geschwindigkeit einiger Vorgänge in Muskeln und Nerven“, die er mit seinem Froschzeichenapparat oder, wie er ihn „künftig pompös benennen werde“, mit seinem Myographion angestellt hatte, dessen Verbreitung und Benutzung in den physiologischen Instituten jedoch nur langsam erfolgte; auch du Bois wagte zu seinem grössten Bedauern des hohen Preises wegen nicht, Joh. Müller den Vorschlag zu machen, ein solches für das anatomische Institut anzuschaffen. Schon im Winter 1853/54 hatte er neue

Apparate auch für Menschenzeitmessungen gebaut, konnte aber im Sommer 1854 wegen der Uebersiedelung des Laboratoriums in das Anatomiegebäude Versuche mit denselben noch nicht anstellen, und benutzte daher die freie Zeit „zu allerlei physiologisch-optischen Flickversuchen, welche aber das Gute haben, dass sie die Fassungskraft des wissenschaftlichen Publicums nicht übersteigen und diese würdige Körperschaft daher vielleicht bewegen werden, an meine Zeitmessungsversuche wenigstens zu glauben, wenn sie sie auch nicht verstehen".

Nachdem er die schon früher von ihm gegebenen Definitionen wieder in Erinnerung gebracht — wonach als Zeitraum der latenten Reizung derjenige bezeichnet wird, während dessen die mechanischen Eigenschaften des Muskels keine Veränderung zeigen, als Zeitraum der steigenden Energie derjenige, während dessen die Spannung des Muskels wächst, bis sie ein Maximum erreicht, und er endlich den Zeitraum der sinkenden Energie denjenigen nennt, innerhalb dessen die Spannung erst schnell, dann sehr allmählich sinkt, bis schliesslich der frühere Zustand der Ruhe wieder eingetreten ist — leitet er mit Hülfe seines Myographions durch den blossen Anblick der sich völlig oder nur theilweise deckenden Zuckungscurven eine Reihe wichtiger Gesetze her, wonach die, eine secundäre Zuckung erzeugende, negative Schwankung des Muskelstromes früher eintritt als die Zusammenziehung des Muskels, der Elektrotonus der Nerven dagegen nicht später als der ihn erregende elektrische Strom. Vor allem aber ergab sich das wesentliche Resultat, dass zwei momentane Reizungen die stärkste Zusammenziehung eines Muskels dann hervorbringen, wenn ihre Zwischenzeit gleich ist der Länge des Zeitraumes der steigenden Energie, dass dagegen zwei Reizungen nicht stärker als eine einzige Reizung wirken, wenn ihre Zwischenzeit so klein ist, dass beim Anfange der zweiten Zuckung die erste noch keine merkliche Höhe erreicht hat. Als ein nur vorläufiges Resultat, dessen

Wichtigkeit für die Mechanik des Rückenmarkes er betont, weil dasselbe ermöglicht, direct erregte und reflectirte Zuckungen zu unterscheiden — Untersuchungen, auf die er später wieder zurückkam — erkennt er aus der Aufzeichnung der Zuckung des Wadenmuskels strychninisirter Frösche mittelst Reizung der Gefühlsnerven, dass im Vergleich zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven die reflectirten Zuckungen erst nach verhältnissmässig langen Zwischenräumen eintreten, und dass bei den Reflexen die Uebertragung der Reizung im Rückenmark eine mehr als zwölfmal so grosse Zeit beansprucht als die Leitung in den zu- und abführenden Nerven.

Helmholtz vertiefte sich nunmehr wieder ganz in optische Probleme und suchte zunächst, nachdem er eine Reihe darauf bezüglicher Arbeiten noch im Laufe des Sommers 1854 an die Journale abgeschickt hatte, seine grosse Arbeit über Accommodation zum Abschluss zu bringen, als ihn am 1. October die schmerzliche Nachricht von dem am 30. September plötzlich erfolgten Tode seiner Mutter traf; bei der grossen Entfernung konnte er nicht mehr rechtzeitig zur Beerdigung eintreffen.

„Für die Geschiedene ist freilich ein so jäher Tod nur segensreich zu nennen“, schreibt er seinem Vater, „sie hat in ihrem Leben genug geduldet, und noch dazu als Lohn für die Bereitwilligkeit, mit der sie ihre Kraft und Gesundheit stets für die Ihrigen geopfert hatte. Dass sie die letzten Jahre ihres Lebens in einem leidlich ruhigen, wenn auch nicht grade freudigen Zustande verbracht und durch einen schnellen und doch wohl auch schmerzlosen Tod einem besseren Lohne entgegengeführt wurde, mag uns einige Beruhigung geben.“

Am 3. October fand die Beerdigung statt.

„Der Geistliche E., den sie sehr verehrte“, schreibt sein Vater, „segnete die Leiche am Sarge in Gegenwart ihrer drei hier anwesenden Kinder und weihte ihr Grab auf eine

erhebende Weise. Eine Rede hatte ich verbeten; er war mit mir einverstanden, dass dahin der Priester, nicht der Prediger gehöre .... Wer viel liebte, dem wird viel zu Gute gerechnet vor dem Throne Gottes; man würde zu wenig sagen, wenn man spräche: sie hat ihre Pflichten erfüllt. Sie hat in wahrer Liebe gelebt und ist in der Liebe gestorben, selbst durch ihren Tod so wenig wie möglich die Ihrigen belästigend."

Der alte Vater war, der langgewohnten Stütze beraubt, mit zwei Töchtern und einem Sohne tiefgebeugt zurückgeblieben.

Seine älteste Tochter Marie, geboren am 16. Juli 1823, die äusserlich anziehendere und geistig bedeutendere der beiden Schwestern, hatte durch eine ungewöhnliche Begabung versprochen, eine hervorragende Malerin zu werden, musste aber wegen eines Augenleidens der Ausübung ihres künstlerischen Talentes entsagen. Das Verlangen, ihrem reichen anregenden Wissen eine fruchtbringende Thätigkeit zu schaffen, reifte in ihr späterhin den Entschluss, einen selbstständigen Wirkungskreis zu suchen. Sie übersiedelte mit der Familie des Grafen Bareschnikow nach Russland und sollte die Heimath nicht wiedersehen. Sie starb am 17. December 1867 zu Feodorowska bei Smolensk an einem Nervenfieber. Das sonnige Bild ihrer liebenswerthen Persönlichkeit lebte wie ein heiliger Besitz fort in der Erinnerung ihres grossen Bruders.

Die jüngere Tochter Julie, geboren am 2. September 1827, blieb in Potsdam zur Stütze des Vaters. Trotz vieler Kränklichkeit wusste auch sie mit Opferfreudigkeit und Pflichttreue zu allen Zeiten ihr Leben für Andere zu nutzen. Ihre glücklichsten Zeiten verlebte sie, freilich mit jahrelangen Unterbrechungen, in dem Hause ihres Bruder Hermann, theilnehmend an dem Ausbau seines späterhin so reich gestalteten Lebens. Sie starb nach schweren Leidenszeiten an den Folgen eines Schlaganfalles am 21. Juli 1894 zu Illenau bei Achern in Baden.

Sein Sohn Otto, geboren am 27. Januar 1834, besuchte zur Zeit des Todes seiner Mutter, nachdem er in Potsdam das Gymnasium absolvirt, das Gewerbeinstitut in Berlin, um sich, freilich gegen den Wunsch seines in damals sehr verbreiteten Vorurtheilen befangenen Vaters und seiner Lehrer, aber unter thatkräftiger Zustimmung seines Bruders Hermann, im Maschinenbaufach auszubilden; letzterer schrieb ihm:

„Was den Streit über „Handwerk" und „nicht Handwerk" betrifft, so sehe ich aus Deiner Darstellung, dass Du die Sache keineswegs so auffasst, dass ich auf die Seite R.'s und seiner gelehrten Verachtung der banausischen Beschäftigungen treten müsste. Der Werth des Arbeitens hängt nicht von dem Material, was man bearbeitet, ab, ob es unorganische Materie oder Geistesproducte seien, sondern von der Grösse der geistigen Kraft, mit der es bearbeitet wird, und davon, ob die Arbeit nur den Zweck des Lebensunterhaltes habe oder ob sie Sache des freien geistigen Interesses sei. Wer so arbeitet, wie er es von seinem Lehrer oder Meister einmal zu machen gelernt hat, und nur beabsichtigt, dadurch die Mittel für seine Subsistenz oder sein Vergnügen zu erlangen, der wird durch das Maschinenmässige der Arbeit geistig abgetödtet, wer aber aus Lust an der Sache arbeitet und demzufolge strebt, die Sache zu fördern, der wird durch die Arbeit veredelt, welche es auch sein mag."

Seiner Neigung entsprechend ging der Bruder dann in das Hüttenfach über und wurde sehr bald ein hochangesehener Ingenieur, jetzt Director der grossen Rheinischen Stahlwerke bei Ruhrort — beide Brüder verband innige Liebe und Freundschaft bis zum Tode unseres grossen Forschers.

Alle Gedanken des vereinsamten Vaters gravitirten jetzt nach Königsberg; es erfüllte ihn mit grosser Freude und ermuthigte ihn, mit Selbstvertrauen und ohne Bitterkeit in die Zukunft zu blicken, als sein Sohn Hermann, dem er seine früher in den Potsdamer Gymnasialprogrammen ver-

öffentlichten Arbeiten zur Vertheilung an einige der Freunde geschickt hatte, ihm darüber schrieb:

„Lobeck hatte mir vor Kurzem einmal gesagt, er habe mit Erstaunen gehört, dass der Philologe Helmholtz ein so naher Verwandter von mir sei. Wegen der Verschiedenheit des Faches sei es ihm gar nicht eingefallen, uns zu combiniren. Dann hatte er gefragt, ob ich Exemplare von Deinen Programmen hätte, und als ich es verneinte, sagte er, er könne sie ja von der Bibliothek haben, in der sie sich befänden. Ich werde ihm wenigstens das Programm über die Hellenen bringen, Olshausen das über die Araber, und vielleicht letzterem auch das über die Erziehung zum Schönen, weil ich glaube, dass sie bei diesem besser angebracht sind, als bei dem rein philologischen Lobeck.“

Er fügte hinzu:

„Was würdest Du gesagt haben, wenn ich Pair von Preussen hätte werden wollen. Da unsere beiden berühmten Politiker Simson und Schubert nicht gehen wollten, fragte man unter andern auch bei mir an, ob ich die Wahl nicht annehmen möchte. Natürlich sagte ich gleich höchst entschieden nein, weil für diese Laufbahn eine andere Art von Ehrgeiz gehört, als ich ihn besitze.“

Stolz gab der alte gebrechliche Mann ihm Recht, dass er die Pairschaft ausgeschlagen, denn „durch Deine Leistungen in der Wissenschaft wirst Du Dich am sichersten fördern“.

Fünf Jahre fruchtbarster akademischer Thätigkeit und grossartigsten Schaffens auf den verschiedensten Wissensgebieten waren in Königsberg dahingegangen, Helmholtz und seine Frau hatten sich dort wohl und heimisch gefühlt. Heiter und genügsam, ernst und fleissig, keiner fröhlichen Gemeinschaft abhold, hatten sie sich allmählich einen liebenswürdigen Freundeskreis gebildet, der die Interessen beider Gatten theilte. Die Professoren von Wittich, Richelot, Olshausen, Friedländer, Werther, der Hausarzt

Dr. Schieferdecker mit ihren Frauen, die Familie des Tribunalrathes Ulrich, der Präsident Simson verkehrten viel im Helmholtz'schen Hause, in dem auch häufig musicirt und Comödie gespielt wurde; daneben ununterbrochen die ernsteste Arbeit und ein enges Zusammenleben in der Familie.

„Wenn ich“, schreibt seine Schwägerin, „zurückdenkend den Styl des damaligen häuslichen und geselligen Lebens mit dem am Schlusse von Helmholtz' irdischer Laufbahn vergleiche, überkommt mich's mit Rührung und Wehmuth über die unendliche Bescheidenheit der Verhältnisse und Ansprüche damals, aber auch mit dem Hochgefühl, dass er mir nie mehr und nie Grösseres gewesen als damals in dem Entfalten und Wachsen seines wunderbaren Genius und seiner edlen und lauteren Natur. Der von der Elite der Geistes-Heroen Europa's und von Fürsten und Königen gefeierte Mann erscheint mir nicht werthvoller, als der unendlich bescheidene, unermüdlich arbeitende und forschende junge Gelehrte, der sich aus den Garnröllchen seiner Frau und den Bausteinen seiner Kinder, aus Wachsstockendchen und Schnürchen die kleinen Apparate für seine optischen Versuche construirte.“

Aber diese geringfügigen und werthlosen Apparate für seine schwierigen und feinen Versuche waren ihm nicht unbequem und überflüssig; als er schon so viel später die glänzendsten Institute zu seiner Verfügung hatte, erzählte er: „Ich selbst war gewöhnt und habe diese Gewohnheit sehr nützlich gefunden, wenn ich ganz neue Wege der Untersuchung einschlagen wollte, mir Modelle der erforderlichen Instrumente, freilich zerbrechlich und aus schlechtem Material vorläufig zusammengeflickt, herzustellen, die wenigstens so weit reichten, dass ich die ersten Spuren des erwarteten Erfolges wahrnahm und die wichtigsten Hindernisse kennen lernte, die ihn vereiteln konnten. Dabei lernte ich aus eigener Erfahrung beurtheilen, welch' schwierige Ueber-

legungen bei solchen neuen Sachen gewöhnlich dem Mechaniker zugemuthet werden. Und erst wenn ich mit meinen eigenen theoretischen Ueberlegungen und vorläufigen Versuchen fertig war, trat ich in Berathung mit dem Mechaniker, der meine Modelle in Stahl und Messing übersetzen sollte. Nun kamen erst die schwierigen Fragen."

„Oft bat er freundlich-verlegen seine Frau: Möchtest Du mir wohl Deine Augen für eine halbe Stunde leihen, Du kommst dafür auch als werthvolles Versuchsobject in meine Optik. . . ." Seine Frau war ihm in der That alles, was er von ihr erhofft und vorausgesetzt hatte; sein treusorgendes Weib und seine ebenbürtige Gefährtin. Sie arbeitete und schrieb für ihn, er las ihr seine Vorträge, die für die Oeffentlichkeit bestimmt waren, vor, ehe er sie hielt, um an ihrem Verständniss das allgemeine gebildeter Menschen zu messen.

Inzwischen hatte sich aber ihr Befinden, das schon öfters zu Besorgnissen Anlass gegeben, beständig verschlimmert, auch der letzte Strandaufenthalt, der ihr sonst stets wohl gethan, war diesmal wirkungslos geblieben; sie hustete seit der Geburt ihrer Kinder viel, und bei ihrer unbesieglichen Pflichttreue schonte sie sich nicht ausreichend. Nach der Ansicht der Aerzte war das rauhe Klima Königsbergs eine Veranlassung zu der steten Wiederholung der immer länger andauernden Anfälle, und es war nur natürlich, dass, als sich die Möglichkeit eröffnete, dass in Bonn der Physiologie eine Stätte bereitet werden sollte, Helmholtz schon im Interesse der Gesundheit seiner Frau es dringend wünschen musste, die Universität Königsberg mit der in Bonn zu vertauschen.

Aber er that keinen Schritt zur Verwirklichung seines Wunsches, um nicht seinen beiden älteren Freunden Ludwig und du Bois entgegenzutreten, von denen er annehmen musste, dass der eine wieder nach Deutschland werde zurückkehren, der andere eine ordentliche Professur

endlich werde erlangen wollen. Erst als er hörte, dass Ludwig in Folge seiner politischen Haltung in Marburg und der so irrthümlich verbreiteten Meinung von seinem Atheismus gar keine Aussicht hatte, nach Preussen berufen zu werden, und du Bois Bedenken hege, diese Stelle anzunehmen, da ihm das Ordinariat in Berlin in ziemlich sicherer Aussicht war, schrieb er letzterem am 5. November 1854 aus Königsberg:

„Ich höre durch Deinen Bruder, den ich mich sehr gefreut habe, hier eintreffen zu sehen, dass Du noch immer mit dem Ministerium wegen Bonn in Verhandlung stehest und Dich vorläufig noch nicht mit ihm einigen kannst, weil sie von Dir Vorlesungen über vergleichende Anatomie verlangen. Da ich nun einen Theil Deiner Stellung in Berlin aus eigener Erfahrung kenne und ebenso die Stellung eines Professors an einer kleineren Universität, so glaube ich mit ziemlicher Sicherheit urtheilen zu können, dass eine ordentliche Professur an der kleinsten und entlegensten deutschen Universität für Deine wissenschaftlichen Arbeiten und für Dein eigenes Selbstgefühl besser sein würde, als Deine jetzige Stellung in Berlin. Um so mehr eine Stellung in Bonn, wenn das Ministerium, wie es doch jetzt wirklich die Absicht zu haben scheint, einige tüchtige Lehrer der Naturwissenschaften dort zusammenbringt und dadurch die medicinische Facultät aus ihrer jetzigen Versumpfung hebt. Was die vergleichende Anatomie betrifft, so handle mit dem Ministerium, um sie los zu werden, aber meines Erachtens darfst Du deshalb die Stelle nicht fahren lassen, denn es giebt nachher hundert Auswege, sie los zu werden. Es müsste doch schlimm hergehen, wenn sich nicht ein Privatdocent dazu finden sollte. Auch kannst Du sie Jahre lang liegen lassen, ehe das Ministerium moniren würde, und wenn schliesslich alles Verschieben nicht hülfe, so würde sich sehr passend und hübsch ein Colleg über vergleichende Physiologie der Wirbelthiere daraus machen lassen. Hier hast Du

also guten Rath aufoctroyirt, den Du gar nicht verlangt hast; nun sollst Du auch zweitens sehen, dass er uneigennützig gegeben ist. Wenn Du nämlich dabei beharrst, die Stelle nicht annehmen zu wollen, so möchte ich Dich bitten, mir, sobald Du einen Entschluss gefasst hast, davon Nachricht zu geben, weil ich selbst doch auch bei einem entsprechenden Gehalte die Professur in Bonn der in Königsberg vorziehen würde und dann mit dem Ministerium in Unterhandlung treten will. Ich denke, da der alte Mayer vorläufig so lange liest, als noch kein anderer da ist, wird es mit der Bewerbung keine besondere Eile haben, und ich will daher nicht dazu beitragen, Dir Deine Bedingungen zu verderben. Meine Gründe sind, Aussicht auf einen grösseren Wirkungskreis in Bonn, einige, wenn auch zuerst keine grosse Einnahme durch Honorar und endlich die Rücksicht auf meiner Frau Gesundheit, die bei dem hiesigen Klima mir denn doch dauernd gefährdet zu sein scheint. Ich selbst verliere durch die gar nicht zu vermeidenden Erkältungen einen guten Theil meiner Arbeitskraft. Meine Gründe sind also nicht so dringend, dass ich Dir nicht zunächst von ganzem Herzen die Stelle gönnen sollte, aber ich würde sie keinem anderen gönnen."

Als nun du Bois den Brief Helmholtz' vier Wochen unbeantwortet gelassen, wandte sich dieser am 3. December 1854 an Johannes Schulze in dem nachfolgenden Schreiben:

„Ew. Hochwohlgeboren mögen verzeihen, wenn ich Ihre Zeit mit einer Angelegenheit in Anspruch nehme, welche vielleicht in diesem Augenblicke schon abgethan ist. Sie theilten mir im vorigen Sommer mit, dass nach Bonn ein neuer Professor der Anatomie und Physiologie berufen werden solle. Ich bewarb mich damals nicht selbst um diese Stelle, so lockende Aussichten Bonn in vieler Beziehung auch bieten mochte, namentlich bei den ziemlich mannigfachen Verbindungen, in die ich mit englischen und holländischen Gelehrten

gekommen bin. Einige von den Vortheilen Bonns mussten erst von der Zukunft wieder herbeigeführt werden, namentlich eine den übrigen günstigen Verhältnissen jener Facultät entsprechende Zahl von Studirenden der Medicin. . . . . Andererseits hatten sich meine hiesigen Verhältnisse, abgesehen von der Isolation Königsbergs, angenehm gestaltet, was ich zum grössten Theile Ihrer stets bereiten Fürsorge zu verdanken habe. Namentlich hatten sich auch der Eifer und die Zahl der Studirenden vermehrt (als ich herkam 1849 nur 46, jetzt 80), und so zog ich es vor, in Verhältnissen zu bleiben, die ich kannte, als lockenderen, aber unsicheren Aussichten zu folgen. Dazu kam, dass ich meinte, die Stelle in Bonn würde meinem Freunde du Bois-Reymond zufallen, und ich diesem von ganzem Herzen eine Stelle wünschte, die ihm die Möglichkeit ungestörter wissenschaftlicher Arbeit gewährte.

Nun erfahre ich im Privatwege, dass die Stelle noch nicht vergeben sei, dass Professor du Bois-Reymond zögere, sie anzunehmen, und dass möglicher Weise ein fremder Gelehrter dazu berufen werden solle.

Ausserdem hat sich seitdem ein Verhältniss herausgestellt, welches mich dringend wünschen lässt, an einen Ort von milderem Klima versetzt zu werden. Nachdem ich selbst, obgleich früher von kräftiger Gesundheit, drei Jahre lang unter den Einwirkungen des hiesigen Klima gelitten, es jetzt vielleicht überwunden habe, kann ich nicht mehr verkennen, und ich werde darin durch den Ausspruch ärztlicher Collegen bestärkt, dass die Gesundheit meiner Frau, welche hier von immer häufiger wiederkehrenden und hartnäckigen Leiden des Halses und der Brust befallen worden ist, auf die Dauer sehr ernsten Gefahren ausgesetzt sein wird, und Sie werden begreifen, dass dies ein Grund ist, der mich zwingt, alle anderen Rücksichten bei Seite zu setzen und jede Gelegenheit zu ergreifen, um an einen von der See entfernteren Ort von milderer Temperatur zu gelangen.

Ich konnte mich nun aber nicht direct bei Sr. Exc. dem Herrn Minister um die Stelle bewerben, da ich nicht weiss, ob sie noch nicht vergeben ist, ob das Gehalt derselben in dem theuren Bonn ein Aequivalent meines hiesigen sein wird, ob ein physiologisches Institut daselbst existirt oder eventualiter gegründet werden soll und welche Vorlesungen zu halten sind. Da ich mich in der Unmöglichkeit befinde, von hier aus über diese Punkte Auskunft zu erlangen und ich mich dankbar des Wohlwollens erinnere, welches Sie mir bei allen Gelegenheiten bewiesen haben, bei denen ich Gesuche an Sie richtete, mögen Sie mir verzeihen, dass ich in dieser mir sehr am Herzen liegenden Angelegenheit Sie wieder bemühe. . . . Darf ich hoffen, dass Sie mich wissen lassen, ob noch Aussicht für mich ist und ob Sie wünschen, dass ich ein directes Gesuch an den Herrn Minister sende....“

Endlich traf am 6. December von du Bois die Antwort ein:

„. . . . Ich konnte Dir auch nicht eher etwas Gewisses auf Deinen ersten Brief antworten und kann es auch jetzt noch nicht. Ich habe genau genommen nie mit dem Ministerium wegen Bonn in Unterhandlung gestanden. . . . . Bei dem Namen, den Du Dir auch als Lehrer erworben hast, kann es Dir nicht fehlen, in kurzer Zeit irgend einen anderen Ruf zu erhalten. Ich werde vermuthlich ausser Concurrenz treten. . . . Einstweilen kann ich nur mit Ingrimm meine verlassenen Apparate und Handschriften sehen, und es ist mir unbegreiflich, wie Du in dem ersten Jahre Deines Königsberger Aufenthaltes hast können so riesenhafte eigene Arbeiten ausführen. Aber natürlich: Du gleichst dem Geist, den Du begreifst.“

Johannes Schulze antwortete Helmholtz, dass es dem Ministerium eigentlich darauf ankomme, einen Anatomen nach Bonn zu schicken, weil die vorhandenen physiologischen Vorträge noch als befriedigend angesehen würden, das Ministerium habe an Bischoff, Gerlach, Luschka ge-

dacht; er würde aber seinen Wunsch unterstützen, wenn er es über sich nehmen wollte, wenigstens für den Anfang die Anatomie seine Hauptaufgabe sein zu lassen. Nachdem Helmholtz sowohl seine Meldung für diese Stellung beim Ministerium, sowie die Antwort von Johannes Schulze du Bois und Ludwig, die in dem ministeriellen Schreiben gar nicht genannt waren, mitgetheilt hatte, schrieb er, da das bis in den December hinein andauernde, immer bedenklicher sich gestaltende Halsleiden seiner Frau ihm eine baldige Uebersiedelung nach Bonn dringend wünschenswerth machte, am 19. December 1854 an Johannes Schulze:

„Ew. Hochwohlgeboren sage ich meinen ehrerbietigsten Dank für Ihr gütiges Schreiben vom 14. d. M. und erlaube mir betreffs der Zweifel, welche gehegt werden könnten, ob ich geneigt sein möchte, die Obliegenheiten eines Professors der Anatomie vollständig zu übernehmen und mit ganzem Eifer zu vertreten, zu erwidern, dass es schon längere Zeit mein Wunsch gewesen ist, die allgemeine Pathologie, welche ich hier vorzutragen habe, mit der Anatomie vertauschen zu können, weil mir die letztere doch näher liegt als die erstere. Ich fühle es bei den in der Pathologie neu auftretenden Fragen und Gesichtspunkten immer mehr, dass die in meiner früheren ärztlichen Praxis gesammelten Anschauungen nicht mehr ganz ausreichend sind, und muss fürchten, dass dies mit jedem Jahre schlimmer werden wird. Anatomie des Menschen und auch Theile der vergleichenden Anatomie habe ich schon früher in Berlin vor den Schülern der Kunstakademie vorgetragen, was jedenfalls viel schwieriger ist als vor Studirenden der Medicin. Auf mikroskopische Anatomie beziehen sich meine ersten wissenschaftlichen Arbeiten, namentlich erlaube ich mir anzuführen, dass ich in meiner Inauguraldissertation einen der wichtigsten Punkte aus der feineren Anatomie des Nervensystems, nämlich den Uebergang der Nervenfasern in die Nervenzellen, festgestellt habe, etwas, was damals den allgemein verbreiteten Meinungen

ebenso entschieden widersprach, als es jetzt allgemein angenommen ist. Später habe ich allerdings meine Arbeiten einer anderen Richtung, der experimentellen, zugewendet, weil ich wohl annehmen durfte, dass ich in diesem verhältnissmässig wenig bearbeiteten Felde meine Kräfte besser verwerthen könne, als in der mikroskopischen Anatomie, der eine Menge guter Kräfte zugewendet waren. Wenn ich daher auch später nur gelegentlich, wo andere Arbeiten mich darauf führten, eigene mikroskopisch-anatomische Untersuchungen gemacht habe, so habe ich doch auch immer in den physiologischen Vorlesungen mikroskopische Demonstrationen zu machen gehabt und auch Studirende in meinem Laboratorium im Gebrauche des Mikroskopes eingeübt. Ich bitte Sie deshalb anzunehmen, dass ich mit meinem Interesse den anatomischen Wissenschaften keineswegs so fern stehe, als es bei einer blossen Durchsicht meiner gedruckten Schriften wohl scheinen möchte, und dass ich deshalb auch bereit sein werde, für die Förderung des Studiums der anatomischen Wissenschaften zu thun, was in meinen Kräften steht.

Da Sie in Ihrem geehrten Schreiben erwähnen, dass der zu berufende Docent als Professor der Anatomie und Physiologie berufen werden solle, so entnehme ich daraus, dass ich die Physiologie, auf die ich bisher alle meine Kräfte concentrirt habe, nicht würde aufgeben sollen, wenn ich auch vielleicht anfangs, wo ich mich in die anatomischen Vorträge einzuarbeiten hätte, genöthigt sein sollte, einen Theil derselben anderen Docenten zu überlassen. . . . Ich erlaube mir auszusprechen, dass ich nur dann wünschen kann, die Stelle in Bonn zu erhalten, wenn ich hoffen darf, daselbst über ausreichende Geldmittel zur Beschaffung einer physiologischen Instrumentensammlung disponiren zu können . . . .“

Den Inhalt auch dieses Schreibens theilte er du Bois und Ludwig mit. Aber die Erledigung der Angelegenheit zog sich noch lange hinaus, so dass er die Hoffnung völlig aufgab, seinen Wunsch erfüllt zu sehen.

Noch im Laufe des Sommers 1854 hatte Helmholtz, der die physiologische Optik jetzt fast als ausschliessliches Arbeitsfeld gewählt, eine Arbeit an Poggendorff geschickt, die im folgenden Jahre unter dem Titel: „Ueber die Zusammensetzung von Spectralfarben" erschien; in derselben kommt er auf die irrthümlich in seiner früheren Arbeit über zusammengesetzte Farben von ihm aufgestellte und schon später von ihm berichtigte Behauptung zurück, dass ausser Indigo und Gelb im Spectrum complementäre Farben nicht vorkommen, eine Behauptung, welche Grassmann mit Recht zur Aufrechterhaltung von Newton's alter Farbenmischungstheorie angegriffen und welche durch eigenthümliche physiologische Verhältnisse des menschlichen Auges hervorgerufen war, die Helmholtz gerade jetzt einer eingehenden Untersuchung unterwarf.

Wegen der Farbenzerstreuung im Auge nämlich kann sich dieses nicht gleichzeitig für beiderlei Arten von Strahlen accommodiren; entsendet ein leuchtender Punkt gleichzeitig rothes und blaues Licht, und ist das Auge für die Entfernung des Punktes bei rother Beleuchtung accommodirt, so giebt das blaue Licht einen Zerstreuungskreis, und es erscheint also ein rother Punkt mit blauem Hofe, bei umgekehrter Accommodation ein blauer Punkt im rothen Hofe. Nun ist allerdings auch eine Accommodation des Auges herzustellen, bei welcher das rothe und blaue Licht gleich grosse Zerstreuungskreise bilden, also ein kleiner Lichtfleck von der Mischfarbe erscheint; doch ist es kaum möglich, die so gefundene Stellung des Auges dauernd festzuhalten, wenn der Unterschied zwischen der Brechbarkeit der beiden verschiedenen Lichtarten beträchtlich ist, während bei den von Helmholtz früher gefundenen Complementärfarben der Unterschied der Brechbarkeit am kleinsten, also die Accommodation am leichtesten festzuhalten war. Nachdem er nun durch die früher von ihm angewandten Methoden nur ein sehr kleines mit der Mischfarbe bedecktes Feld erhalten hatte,

wandte er jetzt eine dem Foucault'schen Verfahren ähnliche Methode an, bei welcher man auch am Rande des Feldes bald die eine, bald die andere Farbe aufblitzen, das übrige möglichst grosse Feld sich aber complementär färben sieht; hat man nun eine Farbenmischung gefunden, welche man für Weiss hält, so muss man noch von einer anderen Stelle des Zimmers her weisses Himmelslicht eindringen und auf weisses Papier fallen lassen, um dessen Farbe mit der Mischfarbe zu vergleichen. Dabei fand Helmholtz, dass sich die Mischfarbe mit dem Orte der Netzhaut, welcher deren Bild empfing, etwas änderte; hatte er Roth und Grünblau so verbunden, dass das von ihnen gemeinschaftlich beleuchtete Feld so gut als möglich weiss erschien und eher das Roth überwog, so wurde das Bild sogleich entschieden grün, wenn er einen neben dem hellen Felde liegenden Punkt des Papiers fixirte, und dasselbe fand statt, wenn das Auge so nahe gebracht wurde, dass das Feld der Mischfarbe einen sehr grossen Theil des Gesichtsfeldes bedeckte, also ausser dem gelben Fleck auch viele andere Theile der Netzhaut das Bild aufnahmen.

Nachdem er einige präcisere Bestimmungen über den Gebrauch der verschiedenen Namen von Farben gegeben, gelingt es ihm, mit Berücksichtigung der erwähnten Umstände, Weiss zusammenzusetzen aus Indigoblau und Gelb, aus Cyanblau und Goldgelb, aus Violett und grünlich Gelb, aus grünlich Blau und Roth. Nur Grün gab keine einfache Complementärfarbe; um Weiss zu bilden, muss es mit Purpur, also mit mindestens noch zwei anderen Farben, Roth und Violett, gemischt werden. Er untersuchte nun zunächst die Empfindlichkeit des Auges für die einzelnen Theile des violetten Endes des Spectrums und fand, dass das menschliche Auge alle die brechbareren Strahlen dieser Gegend noch sehen konnte, welche fähig waren, durch die angewendeten Glasmassen hindurchzugehen, weshalb er den Namen der unsichtbaren Strahlen mit dem der ultravioletten Strahlen vertauschte. Die objective Intensität dieser ist durchaus nicht verschwin-

dend klein, wie daraus ersichtlich, dass, während wir von den übervioletten Strahlen eines auf gewöhnlichem weissen Papier entworfenen Spectrums nichts wahrnehmen, weil sie von dem diffusen gewöhnlichen Lichte überstrahlt werden, das von den betreffenden Stellen des auf einem mit Chininlösung durchtränkten Papiere entworfenen Spectrums ausgehende weniger brechbare Licht des fluorescirenden Chinins mit einer hinreichend grossen lebendigen Kraft die Netzhaut afficirt, um gesehen zu werden. Um nun die Farbentöne verschiedener Stellen des unsichtbaren Spectrums mit einander zu vergleichen, war auf nahezu gleiche Lichtintensität zu achten, da dieses unter allen Theilen des Spectrums am schnellsten den Farbenton bei der Lichtintensität wechselt, und Helmholtz konnte in demselben eine ganze Reihe unterscheidbarer purpurner Farbentöne finden. Die Untersuchung über die Empfindlichkeit der Netzhaut für ultraviolette Strahlen konnte er zunächst nicht weiter führen, da die angewandten Glasprismen nicht genügend grosse überviolette Spectra lieferten. Aber er warf noch zwei sehr interessante Fragen auf nach dem Verhältniss der Wellenlängen complementärer Farben und nach den Intensitätsverhältnissen, welche complementäre einfache Farben haben müssen, wenn sie gemischt Weiss geben sollen; es gelang ihm, diese Fragen im Allgemeinen zahlenmässig zu beantworten, und er kam zu dem Ergebniss, dass auf Grund der angestellten Messungen der Helligkeit der zu Weiss gemischten Farben den verschiedenen einfachen Farben eine verschiedene Sättigung der Färbung zugeschrieben werden müsse, Violett am meisten, Gelb am wenigsten gesättigt ist. Eine Untersuchung der Berechtigung des Newton'schen Farbenkreises, den Helmholtz einen der sinnreichsten Einfälle des grossen Denkers nennt, beschliesst die für alle folgenden Untersuchungen dieser Art fundamental gewordene Arbeit.

Nach langem Warten trafen die beiden Prismen von Bergkrystall von Oertling in Berlin ein, die er schon

zu den früheren Versuchen durch du Bois hatte bestellen lassen, und die ihm jetzt ein überviolettes Spectrum lieferten, welches mehr als doppelt so lang war als das durch Glasprismen entworfene. In der unmittelbar darauf Poggendorff eingesandten Arbeit „Ueber die Empfindlichkeit der menschlichen Netzhaut für die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichtes" legt er sich nun die wichtigen, aber überaus schwierigen Fragen vor, ob die Netzhaut die überviolетten Strahlen unmittelbar, wie die anderen Farben im Spectrum, sieht oder unter ihrem Einfluss fluorescirt, und ob die blaue Farbe der überviolетten Strahlen Licht von geringerer Brechbarkeit ist, welches sich in der Netzhaut erst unter dem Einfluss der violetten Strahlen entwickelt. Durch Abänderung der bisher angewandten Methoden beantwortet er diese Fragen dahin, dass die menschliche Netzhaut im Stande ist, alle Strahlen des Sonnenlichtes direct wahrzunehmen, deren Brechbarkeit die der äussersten rothen Strahlen übertrifft; dass ferner die Substanz der Netzhaut unter dem Einfluss der überviolетten Strahlen gemischtes Licht niederer Brechbarkeit dispergirt, deren Gesammtfarbe nicht ganz reines Weiss ist, und dass endlich die Fluorescenz der Netzhaut kein hinreichender Erklärungsgrund dafür ist, dass die überviolетten Strahlen überhaupt wahrgenommen werden; er fand, dass die ziemlich gesättigte blaue Farbe der überviolетten Strahlen für das lebende Auge völlig verschieden war von der fast ganz weissen Farbe des dispergirten Lichtes der todten Netzhaut. Zu gleicher Zeit wurde in seinem Laboratorium in Königsberg und unter seiner Leitung von Esselbach die Wellenlänge des ultravioletten Lichtes gemessen; er schrieb am 3. März an Wilhelm Weber:

„Ich hatte selbst die Absicht gehabt, die Wellenlängen der überviolетten Strahlen zu messen, und zu dem Ende schon eine Quarzplatte mit feinen parallelen Linien bei Oertling bestellt, welche ich bald zu bekommen hoffe. Ausserdem habe ich in das Ocular des Quarzfernrohres ein

kleines Gefäss mit parallelen Quarzwänden einfügen lassen, um darin Chininlösung aufzunehmen; die vorderste Oberfläche dieser Lösung steht im Brennpunkte des Fernrohres, und ich hoffe auf dieser Fläche die Linien des übervioletten Spectrums sehr fein und lichtstark abgebildet zu sehen und ganz nach Frauenhofer's Methode die Wellenlängen messen zu können. Doch liegt diese Arbeit meinen eigenen Studien etwas fern . . . . ."

Diese Untersuchung wurde von Magnus der Berliner Akademie im December 1855 unter dem Titel „Ueber die Messung der Wellenlänge des ultravioletten Lichtes von E. Esselbach" mit einem Zusatze von Helmholtz über die physiologisch-optischen Resultate dieser Messungen vorgelegt. Er stellt hierin eine ausgedehnte Vergleichung der Verhältnisse der Lichtwellenlängen mit denen der Tonintervalle an, wonach der ganze sichtbare Theil des Sonnenspectrums eine Octave und eine Quarte umfasst, und weist durch die aufgestellte Tabelle die geringe Analogie zwischen der Tonempfindung und Farbenempfindung nach, indem sämmtliche Uebergangsstufen zwischen Gelb und Grün in die Breite eines kleinen halben Tones zusammengedrängt sind, während an den Enden des Spectrums Intervalle von der Grösse einer kleinen oder grossen Terz sich befinden, in denen das Auge keine Veränderung des Farbentones wahrnimmt.

Nun erreichte aber auch seine grosse Arbeit über Accommodation ihre Vollendung; schon in der Mitte des October 1854 kündigt er Ludwig an, dass er sie recht bald abzuschliessen hoffe, und am 3. März des folgenden Jahres schreibt er seinem Vater, dass der Druck der Arbeit „Ueber die Accommodation des Auges" in Gräfe's Archiv für Ophthalmologie vollendet sei, dass er aber Abdrücke noch nicht bekommen habe; sie erschien noch im Jahre 1855 und brachte eine staunenswerthe Menge von neuen Gesichtspunkten, Methoden und Resultaten für die physiologische Optik.

Die Priorität der einen fundamentalen Entdeckung, die er schon in den Monatsberichten der Akademie kurz mitgetheilt hatte, musste er freilich Cramer überlassen: dass die Linse im Zustand der Ruhe des Auges, wo es in die Ferne deutlich sieht, nicht ihre natürliche Gestalt hat, sondern durch benachbarte Gebilde plattgedrückt gehalten wird, dass ihr aber durch den Zug des Brücke'schen Muskels gestattet wird, vermöge ihrer Elasticität ihre stärker gekrümmte natürliche Gestalt und grössere Dicke anzunehmen — Resultate, die er nicht durch Beobachtung von Gestaltveränderung oder Verschiebung der optischen Medien des Auges bei der Accommodation gewonnen, sondern durch die Untersuchung der Veränderungen der von Sanson zuerst gesehenen schwachen Lichtreflexe innerhalb der Pupille festgestellt, welche an den beiden Flächen der Krystalllinse zu Stande kommen, und zur Erklärung der Accommodation genügten. Aber es blieben noch viele und schwierigere Fragen zu beantworten, deren Bewältigung nur dem genialen Mathematiker und Physiker glücken konnte. Es handelte sich um eine genaue Bestimmung der äusseren und inneren Fläche der Hornhaut, der Veränderungen der Iris bei der Accommodation, endlich der Krümmung der vorderen und hinteren Linsenfläche, die er mit bewundernswerther Schärfe durchführte.

Von der Ueberlegung ausgehend, dass eine convexe spiegelnde Fläche von den umgebenden Gegenständen desto kleinere Bilder liefert, je kleiner ihr Krümmungsradius ist, und dass man somit auch aus der Grösse der Bilder den Krümmungsradius berechnen kann, sucht er die Grösse des Hornhautbildchens zu messen, begegnet aber sogleich der Unmöglichkeit, das lebende Auge so unbeweglich festzustellen, wie es eine genaue Messung erfordert. Um nun das bewegliche Hornhautbild zu messen, während das Auge sich bewegt, übertrug er das Princip des Heliometers, welches die Astronomen anwenden, um an dem beweglichen Himmelsgewölbe sehr

kleine Sternabstände trotz ihrer scheinbaren Bewegung so genau zu messen, dass sie dadurch die Tiefen des Fixsternhimmels sondiren können, in veränderter Form der Anwendung auch auf das bewegliche Auge; er construirte das Ophthalmometer, durch welches es ihm gelang, die Krümmung der Hornhaut und all die übrigen in Frage kommenden Erscheinungen am lebenden Auge mit grösserer Schärfe zu messen, als man es bisher am todten Auge thun konnte. Das Princip des Ophthalmometers, das eine so grosse Rolle in der physiologischen Optik spielen sollte, beruht darauf, dass wir Gegenstände, welche durch eine schräg zur Gesichtslinie gehaltene Glasplatte mit vollkommen ebenen und parallelen Flächen betrachtet werden, etwas seitlich verschoben erblicken, und dass diese Verschiebung desto grösser wird, je grösser der Einfallswinkel der Lichtstrahlen gegen die Platte ist. Werden nun vor das Objectivglas eines Fernrohrs schräg gegen seine Axe zwei planparallele Glasplatten gekreuzt angebracht, so werden von einem Gegenstande im Gesichtsfelde des Fernrohrs zwei Bilder gleichzeitig neben einander erscheinen; dreht man nun die beiden Glasplatten so weit, bis die beiden Bilder zusammenstossen, so zeigt Helmholtz, dass man aus der Grösse der Drehungswinkel die Grösse des beobachteten Gegenstandes berechnen kann, und zwar, da das Ophthalmometer in jeder Entfernung dieselbe lineare Verschiebung zeigt, ohne die Entfernung des Gegenstandes vom Fernrohr zu kennen. Zur Construction des Instrumentes musste Helmholtz wegen der geringen Mittel des Institutes das Fernrohr aus Gläsern zusammenstellen, die er zur Disposition hatte, und das ganze Instrument bis auf die planparallele Glasplatte in Königsberg anfertigen lassen, schlug aber schon kurz darauf Donders eine praktischere Construction vor, um das Maximum der Helligkeit der Bilder zu erreichen.

Soll nun dieses Instrument zur Messung der Hornhautkrümmung angewendet werden, so muss auf der Hornhaut

das Spiegelbild eines äusseren Objectes von bekannter Grösse und Entfernung erzeugt, und die Grösse des Spiegelbildes durch das Ophthalmometer gemessen werden. Helmholtz machte hier die wichtige Bemerkung, dass in allen Krankheiten des Auges, welche mit einer Veränderung des Druckes der Augenflüssigkeiten verbunden sind, sich diese Veränderungen an der Hornhaut verrathen. Die so durchgeführte Messung des Krümmungsradius an verschiedenen Stellen der Hornhaut ergab, dass die Form derselben einem Ellipsoid entspricht, welches durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grössere Axe erzeugt ist, so dass die Basis der Hornhaut eine auf der grossen Axe der Ellipse senkrechte Ebene bildet, und der Mittelpunkt der Hornhaut mit dem Scheitel der Ellipse zusammenfällt; bei der Accommodation findet nicht die geringste Krümmungsänderung der Hornhaut statt. Um die Form der inneren Fläche der Hornhaut festzustellen, konnte diese Methode nicht angewandt werden, da der Reflex der vorderen Hornhautfläche so viel stärker als der der hinteren ist, dass man den letzteren nicht sehen kann, sobald beide sehr nahe neben einander erscheinen. Die Versuche an Hornhäuten todter Augen ergaben jedoch, dass in ihren beiden mittleren Vierteln die Dicke der Hornhaut sich fast gar nicht veränderte, sondern erst gegen den Rand hin ziemlich schnell zunahm; so kann für die Berechnung der Brechung im Auge die Annahme gemacht werden, dass die wässerige Feuchtigkeit bis zur vorderen Fläche der Hornhaut reiche. Da ferner die Linse bis dicht an die Iris reicht, so hat man zur Feststellung der Entfernung der Linse von der Hornhaut nur die des Pupillarrandes der Iris von derselben zu messen, was ihm wiederum mit Hülfe des Ophthalmometers gelang; zugleich ergab sich durch eine Reihe äusserst feiner Beobachtungen, da der Pupillarrand der Iris der Linse immer dicht anliegt, die Form der Hornhaut aber und das Volumen der wässerigen Feuchtigkeit bei Accommodationsveränderungen unveränderlich sind, dass die Verschiebung

des mittleren Theiles der Iris und Linse nicht geschehen kann, ohne dass an der Peripherie die Iris zurückweicht und dadurch die vordere Kammer hier so viel an Volumen gewinnt, als sie in der Mitte verliert.

Zur Messung der Krümmung der vorderen Linsenfläche liess sich die directe Messungsmethode der Bilder, weil der Reflex kein scharfes Bild formt, nicht anwenden; es musste die Grösse des Bildes mit einem dicht daneben stehenden Hornhautbild verglichen werden, und zwar vermittelst zweier gespiegelter Objecte, von denen das eine von veränderlicher Grösse war, um das Hornhautbild gleich dem Sanson'schen Bilde des anderen machen zu können. So ergab sich zahlenmässig mit Hülfe des Ophthalmometers das Resultat, dass bei der Accommodation für die Nähe sich die vordere Fläche der Linse stärker wölbt, ihr Krümmungshalbmesser also kleiner wird, und ihr Scheitel sich nach vorn bewegt. Indem nun Helmholtz dieselbe Methode für die hintere Linsenfläche anwandte, ergaben sich zunächst für die Ortsbestimmung der hinteren Linsenfläche und zwar für die Frage, ob Hornhaut und Krystalllinse für die gleiche Axe symmetrisch gebildet sind, bei den untersuchten Augen kleine, aber deutlich erkennbare Mängel der Centrirung, und als Folge dieser Abweichung der sogenannte Astigmatismus des Auges; derselbe bewirkt, dass wir nicht gleichzeitig horizontale und verticale Linien in derselben Entfernung deutlich sehen können. Charakteristisch ist seine die mangelhafte Centrirung betreffende Aeusserung: das Auge sei trotz seiner bewunderungswürdigen Leistungen als optisches Instrument so voll arger Fehler, dass er einem Künstler, der ihm ein solches Instrument brächte, die Thür weisen würde. Was aber die Krümmung der hinteren Linsenfläche selbst betrifft, so findet er, dass dieselbe bei der Accommodation ebenfalls ein wenig gewölbter wird und ihren Platz nicht merklich verändert. In Betreff der Frage schliesslich, wie die beobachteten Formänderungen der Linse zu Stande

kommen, neigt er sich zu der Ansicht, dass den Ciliargebilden in der einen oder anderen Weise eine Mitwirkung bei der Accommodation zuzuerkennen sei.

Noch vor dem Erscheinen dieser umfassenden Untersuchungen zeigt Helmholtz du Bois an, dass seine Arbeit über Accommodation in v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie bereits gedruckt, aber noch nicht ausgegeben ist:

„Ich habe darin Messungen der Krümmungen der Hornhaut, der vorderen und hinteren Linsenfläche und ihrer Entfernungen am lebenden Auge nach neuen Methoden ausgeführt, d. h. nicht so ausgeführt, wie ich es thun würde, um die erreichbare Genauigkeit zu erreichen, sondern nur so, um den Leuten zu zeigen, dass es geht; denn ich überzeugte mich bei der Ausführung, dass es unnütz sein würde, grosse Mühe daran zu verschwenden. Das menschliche Auge ist nicht einmal richtig centrirt, die Grösse der Hornhaut-Excentricität scheint ganz regellos und zufällig zu sein u. s. w. Aus diesem Gesichtspunkte beurtheile die Arbeit, wenn Du sie erhältst, was, wie ich denke, bald der Fall sein wird." Und diese Beurtheilung fasste du Bois später in die Worte zusammen: „Noch nie hatte sich wie bei Helmholtz die vollendetste Kenntniss der physikalisch-mathematischen Optik mit ebenso lebendiger und genauer Anschauung der anatomischen Bedingungen des Sehens verbunden."

Wie seine Arbeit über das Princip der Erhaltung der Kraft bahnbrechend gewesen für die Entwickelung der physikalischen Disciplinen, so brachten die Untersuchungen über Accommodation im Verein mit dem Augenspiegel eine völlige Umwälzung der Ophthalmologie hervor, und hatte sein grosser Vortrag über die Wechselwirkung der Naturkräfte die selbst der Gelehrtenwelt so schwer zugänglichen Principien seiner grossen Jugendarbeit zu einem Gemeingut der naturwissenschaftlichen Welt gemacht, so bot sich ihm auch jetzt die erwünschte Gelegenheit, seine physiologisch-optischen Forschungen, die ihn im Laufe der letzten Jahre

beschäftigten, weiteren Kreisen bekannt zu machen. Zum Besten des Kant-Denkmals hielt er am 27. Februar 1855 in Königsberg einen populär-wissenschaftlichen Vortrag, worin er die Subjectivität der Sinnesempfindungen, deren Analogie mit Kant's Lehre und die psychischen Processe beim Verständniss der Sinnesempfindungen behandelte:

„Ich habe letzten Dienstag hier wieder zum Besten des Kant-Denkmals einen Vortrag über das Sehen des Menschen gehalten“, schreibt er seinem Vater, „worin ich die Uebereinstimmung zwischen den empirischen Thatsachen der Physiologie der Sinnesorgane mit der philosophischen Auffassung von Kant und auch Fichte namentlich deutlich zu machen suchte, wenn ich auch in der Ausführung der philosophischen Beziehungen durch die Rücksicht auf Popularität etwas gehindert war.“

Ueber die damals in Königsberg herrschenden philosophischen Anschauungen berichtet er Ludwig in den interessanten Worten:

„In den ersten Jahren meiner Anwesenheit wucherte Naturphilosophie noch unter den Studenten, und in den wissenschaftlichen Kreisen der Stadt wurde, wie ich oft genug hörte, gegen meine Richtung polemisirt. Ich trat nie aggressiv gegen Rosenkrantz auf, der früher der Abgott der Stadt war, aber jetzt nur noch ein sehr beschränktes und schon halb zweifelndes Publicum hat, sondern suchte nur die Macht der einfachen Thatsachen wirken zu lassen . . . . . Der verständigere Theil des naturwissenschaftlichen Publicums achtet speculative Untersuchungen doch fast nur dann, wenn sie von Leuten ausgehen, die durch bedeutende und erfinderische Experimental-Untersuchungen bewiesen haben, dass sie fest auf dem Boden der thatsächlichen Wahrheit stehen.“

Wiewohl aber der Philosophie nach Abstossung der Metaphysik seiner Ansicht nach immer noch das grosse und wichtige Feld, die Kenntniss der geistigen und seelischen

Vorgänge und deren Gesetze, verbleibt, die jedem wissenschaftlichen Forscher erst die nothwendige Einsicht in die Leistungsfähigkeit des Instrumentes, mit dem er arbeitet — des menschlichen Denkens — gewährt, zeigt uns doch sein 20 Jahre später an Fick gerichteter Brief, dass die von ihm gewünschte und durch Begründung seiner Erkenntnisstheorie angebahnte Entwickelung der Philosophie sich nur äusserst langsam vollzog:

„Ich glaube, dass der Philosophie nur wieder aufzuhelfen ist, wenn sie sich mit Ernst und Eifer der Untersuchung der Erkenntnissprocesse und der wissenschaftlichen Methoden zuwendet. Da hat sie eine wirkliche und berechtigte Aufgabe. Metaphysische Hypothesen auszubauen ist eitel Spiegelfechterei. Zu jener kritischen Untersuchung gehört aber vor Allem genaue Kenntniss der Vorgänge bei den Sinneswahrnehmungen . . . . . Die Philosophie ist unverkennbar deshalb in's Stocken gerathen, weil sie ausschliesslich in der Hand philologisch und theologisch gebildeter Männer geblieben ist und von der kräftigen Entwickelung der Naturwissenschaften noch kein neues Leben in sich aufgenommen hat. Sie ist deshalb fast ganz beschränkt worden auf Geschichte der Philosophie. Ich glaube, dass die deutsche Universität, welche zuerst das Wagniss unternähme, einen der Philosophie zugewendeten Naturforscher zum Philosophen zu berufen, sich ein dauerndes Verdienst um die deutsche Wissenschaft erwerben könnte."

Der Vortrag über die Wechselwirkung der Naturkräfte hatte nicht nur das Princip von der Erhaltung der Kraft in einer allgemein verständlichen Form behandelt, sondern auch auf dieser Basis völlig neue Consequenzen für die Gestaltung des Weltganzen entwickelt, und war so selbst wieder zu einer grossen wissenschaftlichen Leistung geworden; ebenso gestaltete sich auch der Vortrag „Ueber das Sehen des Menschen" zunächst zu einer Zusammenfassung und Erklärung der vom ihm früher gefundenen Gesetze der

physiologischen Optik, ging aber dann, um Kant „einen Zoll der Achtung und Verehrung“ darzubringen, zu den philosophischen Consequenzen seiner Forschungen über, welche nicht lange nachher die Grundlagen der modernen Erkenntnisstheorie geworden sind.

Das Interesse Helmholtz' für erkenntniss-theoretische Fragen war schon in seiner Jugend wachgerufen worden, wenn er seinen Vater, der einen tiefen Eindruck von Fichte's Idealismus behalten hatte, mit Collegen, die Hegel oder Kant verehrten, über die schwierigsten Probleme der speculativen Philosophie streiten hörte; er war früh zu der Ueberzeugung gelangt, dass so wie der Physiker das Fernrohr und Galvanometer, mit dem er arbeiten will, untersuchen und auf die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit prüfen muss, der Naturforscher auch die Leistungsfähigkeit unseres Denkvermögens in den Kreis seiner Untersuchungen zu ziehen hat, um festzustellen, was er mit demselben erreichen und wann ihn dasselbe im Stich lassen kann. Freilich war er sich dessen wohl bewusst, dass er einerseits „alle Metaphysiker, auch die materialistischen, und alle Leute von verborgenen metaphysischen Neigungen“ zu Gegnern haben würde; dass aber andererseits auch die naturwissenschaftlichen Kreise, veranlasst durch die Auswüchse der Hegel'schen Naturphilosophie, von dem äussersten Grade des Misstrauens beseelt sein würden nicht nur gegen die speculative Construction von angeblichen Einsichten in den Zusammenhang der Natur, sondern dass sich diese völlig berechtigte Abneigung auch auf jede Untersuchung auf erkenntnisstheoretischem und psychologischem Gebiete übertragen werde, wo das Suchen nach Einsicht in die Gesetze geistiger Thätigkeit wohlberechtigt und nothwendig ist.

Nachdem er in seinem Vortrage hervorgehoben, dass die Naturwissenschaften sich auch heute noch fest zu den Grundsätzen von Kant bekennen, dessen Philosophie nicht die Zahl unserer Kenntnisse durch das reine Denken ver-

mehren, sondern alle Erkenntniss der Wirklichkeit aus der Erfahrung schöpfen wollte und nur die Quellen unseres Wissens und den Grad seiner Berechtigung zu Gegenständen unserer Forschung machte, legt er die Lehre von den sinnlichen Wahrnehmungen des Menschen als eigentliches Thema seinem Vortrage zu Grunde, weil sich hier Philosophie und Naturwissenschaften am nächsten berühren; er will untersuchen, in welchem Verhältnisse die Ergebnisse der Erfahrung für das Organ des Auges zur philosophischen Erkenntnisslehre stehen. Nach eingehender Darlegung der Construction des Auges und Erläuterung seiner Theorie der Accommodation setzt er Joh. Müller's fundamentale Lehre von den specifischen Sinnesenergien auseinander, „Licht wird erst Licht, wenn es ein sehendes Auge trifft". Die Behandlung der Theorie der Farben, der Thatsachen, auf welchen die Construction des Stereoskopes beruht, und andere optische Erscheinungen lassen uns immer mehr erkennen, wie wenig wir überhaupt bei dem täglichen praktischen Gebrauche unserer Sinnesorgane an die Rolle denken, welche diese dabei spielen, wie ausschliesslich uns nur das von ihren Wahrnehmungen interessirt, was uns über Verhältnisse der Aussenwelt Nachricht verschafft, und wie wenig wir solche Wahrnehmungen berücksichtigen, welche dazu nicht geeignet sind. Da nun das Bewusstsein, wie im Gegensatz zu den früheren Theorien leicht zu erkennen, nicht unmittelbar am Orte der Körper selbst diese wahrnimmt, so kann es nur durch einen, und zwar nicht mit Selbstbewusstsein vollzogenen Schluss das erkennen, was wir nicht unmittelbar wahrnehmen; derselbe hat den Charakter eines mechanisch eingeübten Schlusses, der in die Reihe der unwillkürlichen Ideenverbindungen eingetreten ist, welche entstehen, wenn zwei Vorstellungen sehr häufig mit einander verbunden vorgekommen sind. So wissen wir bei optischen Täuschungen, deren Mechanismus wir einsehen, dass die Vorstellung, welche der sinnliche Eindruck in uns

hervorruft, unrichtig ist, trotzdem bleibt aber die Vorstellung in all ihrer Lebhaftigkeit bestehen. Wenn in gewissen Nervenfasern unserer beiden Augen, bei einer gewissen Stellung derselben, ein Gegenstand Lichtempfindung erregt, stellt unsere Erfahrung, dass wir den Arm so weit ausstrecken oder eine bestimmte Zahl von Schritten gehen müssen, um denselben zu erreichen, die unwillkürliche Verbindung zwischen dem bestimmten Gesichtseindruck und der Entfernung und Richtung her; die Beurtheilung der Entfernung durch die Augen ist durch Einübung angelernt. „Ich entsinne mich selbst noch deutlich des Augenblickes, wo mir das Gesetz der Perspective aufging, dass entfernte Dinge klein aussehen. Ich ging an einem hohen Thurme vorbei, auf dessen oberster Gallerie sich Menschen befanden, und muthete meiner Mutter zu, mir die niedlichen Püppchen herunter zu langen, da ich durchaus der Meinung war, wenn sie den Arm ausrecke, würde sie nach der Gallerie des Thurmes hingreifen können. Später habe ich noch oft nach der Gallerie jenes Thurmes emporgesehen, wenn sich Menschen darauf befanden, aber sie wollten dem geübteren Auge nicht mehr zu lieblichen Püppchen werden.“ Da wir nun sehen gelernt haben, also die Vorstellung eines gewissen Gegenstandes mit gewissen Empfindungen verknüpfen, welche wir wahrnehmen, so ist die Lage des optischen Bildes auf der Netzhaut gleichgültig, indem es sich nur um die Fasern des Sehnerven handelt, die erregt werden.

Die Frage, in wie weit die bloss erlernten oder die angeborenen und durch die Organisation des Menschen selbst wesentlich bedingten Verknüpfungen von Vorstellungen bei dem Verständniss unserer Sinneswahrnehmungen in Betracht kommen, will Helmholtz hier noch nicht entscheiden, aber für ihn sind jetzt schon die Sinnesempfindungen nur Zeichen für unser Bewusstsein, deren Bedeutung verstehen zu lernen unserem Verstande überlassen ist, Zeichen für die Veränderungen in der Aussenwelt, die nur

in der Darstellung der zeitlichen Folge die Bedeutung von Bildern haben und eben deshalb auch im Stande sind, die Gesetzmässigkeit in der zeitlichen Folge der Naturphänomene direct abzubilden. Er wird uns erst später im Gegensatz zur nativistischen, als Vorkämpfer der empiristischen Theorie erscheinen; aber schon hier macht er consequenter Weise noch einen grossen Schritt vorwärts.

Da wir nie die Gegenstände der Aussenwelt unmittelbar wahrnehmen, sondern nur die Wirkungen dieser Gegenstände auf unsere Nervenapparate, so tritt naturgemäss die Frage auf, wie sind wir denn zuerst aus der Welt der Empfindungen unserer Nerven hinüber gelangt in die Welt der Wirklichkeit? Wir müssen die Gegenwart äusserer Objecte als Ursache unserer Nervenerregung voraussetzen, denn es kann keine Wirkung ohne Ursache sein; aber dieser Satz kann kein Erfahrungssatz sein, weil wir ihn schon zu der Erkenntniss brauchen, dass es überhaupt Objecte im Raum um uns giebt; er kann aber auch nicht aus der inneren Erfahrung unseres Selbstbewusstseins hergenommen sein, weil wir die selbstbewussten Acte unseres Willens als frei betrachten. So bleibt nur die schon von Kant gewonnene Erkenntniss bestehen, dass all' unser Denken und Thun, im Grössten wie im Kleinsten, gegründet ist auf das Vertrauen zu der unabänderlichen Gesetzmässigkeit der Natur, und dass der Satz „keine Wirkung ohne Ursache“ ein vor aller Erfahrung gegebenes Gesetz unseres Denkens ist. Ueber diesen Satz finden wir in seinem Nachlass die interessante Aufzeichnung:

„Das Causalgesetz (die vorausgesetzte Gesetzmässigkeit der Natur) ist nur eine Hypothese und nicht anders erweisbar als eine solche. Keine bisherige Gesetzmässigkeit kann künftige Gesetzmässigkeit erweisen. Der einzige Beweis aller Hypothesen ist immer: prüfe, ob es so ist, und Du wirst es finden (am besten experimentell, wo es angeht). Den übrigen Hypothesen, welche besondere Naturgesetze aussagen, gegen-

über hat das Causalgesetz nur folgende Ausnahmestellung: 1. Es ist die Voraussetzung der Gültigkeit aller anderen. 2. Es giebt die einzige Möglichkeit für uns überhaupt, etwas nicht Beobachtetes zu wissen. 3. Es ist die nothwendige Grundlage für absichtliches Handeln. 4. Wir werden darauf hingetrieben durch die natürliche Mechanik unserer Vorstellungsverbindungen. Wir sind also durch die stärksten Triebfedern getrieben, es richtig zu wünschen; es ist die Grundlage alles Denkens und Handelns. Ehe wir es nicht haben, können wir es auch nicht prüfen; wir können also nur daran glauben, danach handeln, und werden es bei richtiger Prüfung bewährt finden; wir müssen den Erfolg voraus denken, dann ist der Erfolg eine Bestätigung. Wir müssen uns bewusst sein, dass wir den Erfolg voraus erwartet haben, dann werden wir des Gesetzes bewusst. Denken heisst die Gesetzmässigkeit suchen; urtheilen heisst sie gefunden haben. Ohne Causalgesetz also kein Denken. Kein Denken ohne Anerkennung des Causalgesetzes ist also eine Tautologie; es fragt sich, ob wir zum Denken berechtigt sind und ob das einen Sinn hat; dieser Sinn lässt sich nur durch die Handlung (innere oder äussere) erweisen.“

Noch heute, wo die naturwissenschaftliche Welt sich alle diese Gedanken längst zu eigen gemacht, ist der Eindruck jenes herrlichen Vortrages ein tiefer und nachhaltiger.

Immer noch hatte sich die Bonner Berufungsangelegenheit nicht entschieden, wiewohl sich das Gerücht von der Berufung Helmholtz' bereits durch die deutschen Zeitungen verbreitet hatte. Noch am 16. März 1855 theilt ihm du Bois einige Zeilen aus einem Briefe von Humboldt mit:

„On me presse de m'agiter pour Helmholtz, que j'affectionne et éstime comme Vous. Je ne puis dire un mot avant que vous ne m'ayez rassuré sur vous-même. Si rien ne vous presse et que vous pouvez attendre, ne quittez pas la Capitale, où vous devez avoir un grand avenir.“, und fügt hinzu, dass er ihm geantwortet habe: „Je vous

prie d'agir pour Helmholtz comme s'il ne pouvait être question de moi.“ Darauf hin erklärte Helmholtz in einem Briefe an du Bois vom 22. März, dass er bisher nur an Schulze geschrieben und sonst niemanden um seine Verwendung ersucht habe; „es scheint sich also noch irgend ein unbekannter Freund meiner angenommen zu haben“, dass er sich aber nunmehr nach Empfang des Schreibens von du Bois an Humboldt gewendet habe, um ihm wenigstens die Thatsachen an die Hand zu geben, welche dabei in Betracht kommen. Schon am 24. März richtet Humboldt das nachfolgende interessante Schreiben an den Minister:

„Ew. Excellenz werden gewogentlichst verzeihen, dass ich in dem nicht alternden Interesse für anatomische Physiologie, die meine früheste Beschäftigung war, schon wieder einige bittende Worte an Sie zu richten wage. Ich bin, ehe er zu meiner Freude durch Ihr Wohlwollen ordentlicher Professor in Königsberg wurde, in den freundschaftlichsten Verhältnissen mit Prof. H. Helmholtz gestanden. Da der junge Mann sich jetzt um die Professur der Anatomie und Physiologie in Bonn bewirbt und durch den ernst gefahrdrohenden Gesundheitszustand seiner Gattin fast dazu gezwungen wird, so erfülle ich gern die Pflicht zu versuchen, diesem so talentvollen, überaus thätigen und strebsamen Gelehrten durch mein Zeugniss nützlich zu werden. Seine früheste Dissertation, die Darlegung des Zusammenhanges der Ganglienzellen mit Nervenfasern, gehört zu den feinsten Arbeiten der neueren mikroskopischen Anatomie, nicht minder wichtig sind seine anatomischen Forschungen über das Auge und die Theorie der Accommodation. Helmholtz' Erfindung des Augenspiegels zur Beleuchtung und Untersuchung der hintersten Theile des lebenden Auges ist schon seit vier Jahren der Augenheilkunde unwiderstritten nützlich gewesen. Gleich grosse Stärken in Anatomie und Physiologie in einem Individuum sind nie zu finden in dem jetzigen Zustande des Wissens, und je mehr sich ein Gelehrter in einer der

beiden Disciplinen ausgezeichnet hat, desto mehr giebt er selbst Verdacht von Schwäche oder gar Vernachlässigung der anderen . . . .“

An demselben Tage schrieb er an Helmholtz:

„Viele Tage früher als Sie, theuerster Professor, mich mit Ihrem Vertrauen beehrten, war ich damit beschäftigt, Ihnen nützlich zu werden. Der beklagenswerthe Zustand der Gesundheit Ihrer Gattin macht die Entfernung aus dem rauhen Klima wünschenswerth. Als der W. G. R. Herr von L. mir zuerst von Ihrer erneuten Bewerbung sprach, habe ich von unserem gemeinschaftlichen Freunde du Bois bestimmt erfahren, dass er Berlin nicht verlassen wolle. Ich war daher, bei meiner älteren Freundschaft mit du Bois, frei im Handeln. Was nun im Auslande suchen, was man in so glänzendem Maasse daheim hat . . . . . . Wer die Geschichte der Wissenschaften kennt, weiss, dass gleich grosse Stärken in Anatomie und Physiologie, besonders bei dem jetzigen Zustande des Wissens, sich nie in einem Individuum finden, und je glänzender der Ruhm eines Mannes in einer dieser zwei Disciplinen ist, desto mehr giebt er dadurch selbst Veranlassung (Verdacht) der Schwäche und Vernachlässigung in der andern. Ich habe, was mir schwer fällt und was ich nur zum zweiten Male thue (das erste Mal für die ägyptische Reise des Dr. Brugsch), unmittelbar einen sehr warmen, langen, auf die von Ihnen mitgetheilten Materialien gegründeten Brief geschrieben, . . . zwar nicht genannt, aber seine Ansicht widerlegt, das Motiv meines Antrages von unserer Freundschaft, Ihrem häuslichen Jammer, Ihrem herrlichen Talente und erfindsamen Thätigkeit hergenommen. Ich verspreche mir viel Gutes von diesem wohlüberlegten Schritte. Ich freue mich, Gelegenheit gefunden zu haben, Ihnen diesen schwachen Beweis meiner freundschaftlichen Anhänglichkeit haben geben zu können.“

Humboldt zweifelte nicht, dass der geniale Forscher sehr bald auch auf dem Gebiete der Anatomie als Lehrer

und Gelehrter ersten Ranges sich bewähren würde, kannte er doch dessen ausgezeichnete anatomische Dissertation und interessirte sich für mancherlei von Helmholtz nebenbei gemachte anatomische Beobachtungen, die ihm du Bois mitgetheilt hatte. So hatte der junge Mediciner schon in Berlin zur Erholung zwischen Perioden intensivster geistiger Thätigkeit mit dem Fernrohr aus dem Fenster seines in einem Thürmchen an der Dorotheen- und Sommerstrassen-Ecke gelegenen Laboratoriums die Bewegungen der durch das Brandenburger Thor aus- und eingehenden Personen beobachtet und sie mit den Darstellungen verglichen, welche Weber in seinem Werke über die menschlichen Gehwerkzeuge durch genaue Beschreibung und Zeichnung gegeben hatte. Er entdeckte, wie du Bois erzählt, in der Art, wie die Weber'schen Figuren den Fuss aufsetzten, einen Fehler von einiger praktischer Bedeutung, sofern daraufhin tausende von Rekruten zu unnatürlicher Haltung ihrer Füsse beim Parademarsch gezwungen wurden; seine Bemerkung wurde lange nachher durch die Augenblicksphotographie bestätigt.

Schon am 27. März wurde die Berufungsordre für die Professur der Anatomie und Physiologie in Bonn von Michaelis 1855 an ausgestellt. Am 25. April macht er seinem Vater die Mittheilung von seiner Berufung mit dem Bemerken:

„Der letzte Winter und bis jetzt auch der Frühling waren recht darauf eingerichtet, uns den Aufenthalt in Königsberg noch zu verleiden. Wenn auch Sonnenblicke kamen, waren sie von einem so kalten Nordwind begleitet, dass es schlimmer war, als wäre es ganz kalt gewesen. Olga hat erst zwei Versuche machen können, das Zimmer zu verlassen . . . Ich hoffe, nächstens die Hälfte eines Handbuches der physiologischen Optik zum Drucke abzusenden. Ich bin jetzt sehr pressirt damit, theils wartet der Buchhändler schon eine Weile, theils möchte ich selbst gern freie Zeit haben, um einige Instrumente, welche ich vorbereitet habe

zu Untersuchungen, auch noch anzuwenden. Dass ich meine Instrumente hier lassen muss, ist der unangenehmste Verlust, der mich bei meiner Uebersiedlung trifft."

Während des Sommers arbeitete er nun fast ausschliesslich an seinem Handbuche der physiologischen Optik, dessen Druck mit Anfang des Winters beginnen sollte, und schreibt über den bereits fertig gestellten Theil an Ludwig: „Das einzig wesentlich neue Mathematische in der ersten Abtheilung der physiologischen Optik möchte der Beweis der Gauss'schen Sätze über Hauptpunkte und Knotenpunkte mittels eines Hülfssatzes (Seite 50) sein, der auch in der Theorie der Augenspiegel eine sehr fruchtbare Anwendung findet." Ebenso meldet er Donders: „Ich bin sehr erstaunt darüber, wie langsam ich vorwärts komme; die erste Abtheilung, welche das Verhalten des objectiven Lichtes im Auge behandelt, hoffe ich Ihnen gegen das Ende dieses Jahres zuschicken zu können."

Noch in den letzten Tagen seiner Königsberger Thätigkeit erhält er von William Thomson, später Lord Kelvin, von Kreuznach aus die Aufforderung, der im September stattfindenden British Association beizuwohnen. Thomson würde seine Anwesenheit als eines der bemerkenswerthesten Ereignisse dieser Versammlung betrachten, und schon aus diesem Grunde wünsche er, dass Helmholtz derselben beiwohnen wolle; aber er sehe auch für sich selbst mit dem grössten Vergnügen der Gelegenheit entgegen, seine Bekanntschaft zu machen, die er schon sehnlichst wünschte, seitdem er seine Erhaltung der Kraft zuerst in Händen gehabt habe; er spricht ihm endlich sein tiefes Bedauern darüber aus, nicht dem Hull-Meeting beigewohnt zu haben, da er erst später gehört, dass Helmholtz dort gewesen.

So rüstete sich nun Helmholtz, mit seiner Familie Königsberg zu verlassen, wo ihm als Gelehrten und Lehrer stets Anhänglichkeit und Verehrung, seiner Frau und seinen Kindern Liebe und Wohlwollen entgegengetragen worden.

Es sind aus dem Herzen kommende Worte, die er am 18. Juli 1855, nachdem Frau und Kinder bereits nach Dahlem abgereist waren, den zur Abschiedsfeier versammelten Collegen und angesehensten Bürgern der Stadt zuruft. Nachdem Exc. Eichmann den Toast auf den König ausgebracht, Simson in einer so schwungvollen, herzlichen und ergreifenden Rede Helmholtz als edelsten Menschen und unvergleichlichen Forscher gefeiert, dass thränenschwere Blicke sich auf den Scheidenden richteten, endlich noch der dem Hause nahe befreundete Olshausen auf die Krone der Frauen und die beiden Edelsteine dieser Krone getoastet, erwiderte Helmholtz ungefähr in folgenden Worten:

„Meine Herren! Ich habe mich nicht ohne schwere Ueberlegung entschlossen, das ernste Königsberg zu verlassen, so verführerisch auch die schöne Rheinstadt zu locken schien. Ich sage es gern, dass ich in diesen Mauern schöne, an Erhebungen des Geistes und des Herzens reiche Jahre verlebt habe, dass ich hier einen Kreis von Amtsgenossen gefunden habe, der keiner anderen deutschen Universität an Reichthum des Wissens und geistiger Schöpfungskraft nachsteht, der vielleicht allen deutschen Universitäten voransteht durch ungestörte Eintracht des collegialischen Verhältnisses, durch die uneigennützige Anerkennung der Verdienste, durch die bereitwilligste Unterstützung der Arbeiten jedes Genossen.

Ich bin nicht bescheiden genug, meine Herren, das heutige Fest nur als eine Form höflicher Sitte anzusehen, ich sehe es an als eine stolze Erinnerung, die ich in die Ferne mit hinausnehmen werde, ich sehe es an als ein Zeichen des Beifalls und der Freundschaft von Männern, deren Beifall und Freundschaft auch für den Besten eine werthvolle Errungenschaft sein würde. Ich werde auch an den westlichen Grenzen des preussischen, des deutschen Vaterlandes ein liebendes Andenken für Sie, für diese Stadt, für ihre besonnenen und wackeren Bewohner bewahren. Bewahren

auch Sie mir Ihre Gesinnungen, ich hoffe, dass ich noch vielen, ja den meisten von Ihnen, auch am fernen Rheine werde die Hand schütteln dürfen. Und darum ist es mir ein Herzensbedürfniss, an dem heutigen Tage zu trinken auf die Blüthe unserer Stadt. Wenn auch ein Alter von 600 Jahren bei Städten wie bei Frauen der Anmuth der äusseren Erscheinung nicht ganz vortheilhaft sein mag, so wissen wir doch, dass die Adern unserer Stadt noch jugendliche Strebsamkeit durchrinnt und sich schön mit männlicher Stetigkeit und der kritischen Besonnenheit des Alters bei ihren Bewohnern verbindet. Dieser Charakter des Volksstammes verkettet Königsberg noch mehr als die geographische Lage mit der Albertina, deren ernste, strenge, ich möchte sagen, hervorragend protestative Wissenschaftlichkeit mir die charakteristische Blüthe des norddeutschen Charakters im nördlichsten Ende Deutschlands darzustellen scheint.

Eine grosse Reihe grosser Namen hat Europa an unserer Hochschule bewundert. Möge es ihr nie an solchen fehlen. Königsberg und seine Albertina, sie leben hoch!"

In dem Dankschreiben, welches Helmholtz an die physikalische Gesellschaft für deren Kundgebung bei seinem Abschiede richtete, finden wir die folgenden Worte:

„Ich habe mich immer gern des lebhaften geistigen Verkehrs in Ihrem Kreise erinnert und kann nur dankbar sein für die Geduld, mit der man dort meine Erstlingsversuche im populären Vortrage aufnahm, die meines Erachtens zuerst vollkommen missglückt waren. Wenn sie dann später besser gelangen, so gehört ein guter Theil des Verdienstes davon dem ernsten und urtheilsfähigen Publicum, zu dem ich zu reden hatte."

Helmholtz verliess nun am 29. Juli Königsberg, und reiste nach einem kurzen Besuche der Seinigen in Dahlem und Potsdam nach Bonn, wo er in dem Gebäude, das früher die Sommerwohnung der geistlichen Kurfürsten von Köln

gewesen und deshalb unter dem Namen Vinea domini bekannt ist, eine durch ihre Grösse und Lage für seine Familie passende und gesunde Wohnung gefunden. Er fuhr dann über Bingen nach Kreuznach, um noch vor seiner beabsichtigten Reise nach England W. Thomson kennen zu lernen, der, wie er am 6. August 1855 seiner Frau berichtet, einen überaus bedeutenden Eindruck auf ihn gemacht hat:

„Ich erwartete, in ihm, der einer der ersten mathematischen Physiker Europas ist, einen Mann, etwas älter als ich selbst, zu finden, und war nicht wenig erstaunt, als mir ein sehr jugendlicher hellblondester Jüngling von ganz mädchenhaftem Aussehen entgegentrat. Er hatte für mich in seiner Nachbarschaft ein Zimmer gemiethet, und ich musste meine Sachen aus dem Gasthofe holen, um dort abzusteigen. Er ist seiner Frau wegen in Kreuznach, die auch an dem Abend noch auf kurze Zeit erschien. Sie ist eine sehr anmuthige und geistvolle junge Frau, aber in einem äusserst leidenden Zustande. Er übertrifft übrigens alle wissenschaftlichen Grössen, welche ich persönlich kennen gelernt habe, an Scharfsinn, Klarheit und Beweglichkeit des Geistes, so dass ich selbst mir stellenweise neben ihm etwas stumpfsinnig erscheine. Da wir nun gestern noch lange nicht alles abgesprochen haben, was zu sprechen war, so hoffe ich, dass Du mir die Erlaubniss geben wirst, dass ich auch heute noch in Kreuznach bleibe.“

Engste Freundschaft und grösste gegenseitige Verehrung verband nahezu 40 Jahre hindurch die grossen Forscher, bis der Tod sie trennte.

Der letzte noch in Königsberg verfasste Bericht über die „die Theorie der Wärme betreffenden Arbeiten aus dem Jahre 1852“ hatte die berühmten Arbeiten von W. Thomson zum Gegenstande, über welche die beiden grossen Gesetzgeber auf dem Gebiete der Naturwissenschaften in Kreuznach in mündlichen Gedankenaustausch traten. In diesen hatte Thomson, nachdem er den schon früher erkannten

Satz von der Aequivalenz der von den Thieren erzeugten Wärme und der geleisteten Arbeit mit dem Arbeitsäquivalent der im Thierkörper verbrauchten chemischen Kräfte der Nahrung und des geathmeten Sauerstoffs erwiesen, die verschiedenen Quellen, aus denen mechanischer Effect hergeleitet werden kann, nach ihrem Ursprung geordnet und war zu dem Resultate gelangt, dass die von der Sonne gestrahlte Wärme, mit Einschliessung des Sonnenlichts, die Hauptquelle der Vorgänge auf der Erde ist, und dass die Bewegung der Erde, des Mondes, der Sonne und ihre gegenseitige Anziehung eine wichtige Quelle von Arbeitskraft bilden, während der Antheil, den rein irdische Quellen haben, sehr klein ist. Auch die von Thomson aus dem Carnot'schen Satz gezogene Folgerung, dass die Wärme der kältesten Körper des Universums zwar als Arbeitsäquivalent stets bestehen bleibt, aber in keine andere Erscheinungsform der Kraft zurückverwandelt werden kann, unterwirft Helmholtz einer kurzen Besprechung und deutet die Folgerungen an, die sich aus den Betrachtungen von Thomson ergeben und die er selbst in dem Vortrage über die Wechselwirkung der Naturkräfte so geistvoll durchgeführt hat.

In der Mitte des September holte Helmholtz die Seinigen von Dahlem ab und vollzog die Uebersiedelung nach Bonn, welche ohne Störung und bei leidlicher Gesundheit seiner Frau vor sich ging.

Helmholtz als Professor der Anatomie und Physiologie in Bonn von Michaelis 1855 bis Michaelis 1858.

Helmholtz gewöhnte sich schnell in die neuen Verhältnisse ein. Zwar schrieb er im October an Donders:

„Ich habe sehr wenige von meinen Instrumenten als mein Eigenthum von Königsberg mitnehmen können und habe hier so gut wie nichts vorgefunden. Nun muss ich von vorn anfangen, einen Instrumentenapparat zusammenzubringen, und zwar mit sehr schmalen Geldmitteln. Unser Ministerium hält noch immer die Fiction fest, dass es in den orientalischen Krieg verwickelt werden könnte, und will deshalb keine neuen Geldbewilligungen machen."

Doch berichtet er schon im December seinem Vater:

„Uns ist es bisher hier im Ganzen gut gegangen. Während man es in Königsberg schon bis auf 20° gebracht hat, und die Frachtwagen schon lange die Eisdecke der Weichsel passiren, haben wir hier abwechselnd milden Frost und nasse Witterung gehabt, und unsere Oefen noch immer mehr mässigen als anfeuern müssen. Mit Olga's Gesundheit ist es dabei sehr nach Wunsch gegangen, ihr Husten ist ganz gewichen, seit wir in Bonn sind. Was meine amtliche Stellung betrifft, so stellen sich die Verhältnisse für den Winter ganz günstig; ich habe 45 Zuhörer, und das ist allerdings ganz anders als in Königsberg. Der Vortrag der Anatomie macht mir nun allerdings für das erste Mal, namentlich bei einigen Kapiteln, viel Mühe, aber das wird

sich künftig sehr viel günstiger gestalten. Auch finde ich an der Anatomie mehr Interesse, als ich gedacht hatte, weil diese Wissenschaft bisher grossentheils mit auffallender Vernachlässigung der Zwecke, denen die Organe dienen sollen, betrieben ist, so dass überall neue interessante Fragen und Gesichtspunkte auftauchen, sobald man sie mit physiologischem Auge ansieht. Für den Sommer wird mein Erfolg in der Physiologie allerdings durch die Nebenbuhlerschaft des Professor B. zweifelhaft .... Die Facultät richtete an uns die Aufforderung, jeder einzeln die Physiologie zu lesen (statt einer Theilung derselben, wonach jeder ein sechsstündiges Colleg über eine Hälfte derselben lesen sollte), nachdem der Decan vorher bei mir angefragt hatte, ob mir das nicht lieber sein würde. Ich antwortete, dass ich mein B. gegebenes Versprechen nicht von selbst lösen könnte, aber durch eine solche Aufforderung der Facultät gerechtfertigt sein würde, es zu lösen. Auch B. war damit gar nicht unzufrieden."

Der Briefwechsel mit seinem alten Vater bleibt auch von Bonn aus ein reger; wenn dieser auch über Abnahme seiner Kräfte klagt und sich mit dem Gedanken der Pensionirung trägt, bleibt doch sein Interesse für jeden geistigen Fortschritt, besonders für die Probleme der Philosophie in ihm lebendig, und er ist glücklich, allen seinen Anschauungen und Gedanken in Briefen an seinen Sohn Ausdruck geben zu können:

„Meine Kräfte nehmen in starker Progression ab; und ich bin daher um meine Pensionirung für Michaelis 1856 eingekommen, zugleich mit Prof. Schmidt; der Magistrat aber will von meiner Pensionirung nichts wissen, besonders meine Kriegsjahre als Dienstjahre nicht berücksichtigen, da ihm die doppelte Pensionirung bei der allgemeinen Noth natürlich sehr schwer fällt, und ich erst 36 Jahre beim Gymnasium diene, Schmidt dagegen schon 45, so dass es sich wohl noch etwas länger mit mir hinschleppen wird.

Fünf Jahre aber halte ich es schwerlich noch aus ... Ich habe für Ostern schon ein kleines Quartier in der Französischen Strasse gemiethet, und suche mich der Bücher, die ich nicht mehr brauche, zu entledigen, wofür ich freilich sehr wenig erhalte, da es alte abgenutzte und kaum noch brauchbare Sachen sind. Uebrigens mache ich Dich doch auf ein Werk: das Wachsthum des Geistes von Schulz von Schulzenstein aufmerksam, weil es sein könnte, dass Du wegen des Verrufenseins des Namens vielleicht nicht darauf geachtet hättest. Mir scheint das Werk gegenüber den seichten Resultaten eines Moleschott und Consorten von höchster Wichtigkeit. Trotz aller Billigkeit, alles Verwerfens bisheriger Resultate (namentlich kommt auch du Bois schlecht weg und Du selbst), trotzdem dass man sich durch einen Wust von oberflächlicher und sich bis zum Ekel wiederholender Kritik durcharbeiten muss zu der positiven Anschauung, dass er als ursprünglichstes stets die Idee und das Bewusstsein des Lebens sieht; die Definition des Lebens selbst, die Unterscheidung der todten Natur gegenüber der organischen, die Entwickelung des Begriffs des Lebens als Einheit und enge Wechselwirkung des geistigen und leiblichen, der Vergänglichkeitsprozess, sowie das Verhältniss der lebendigen zur todten Natur, der Unterschied des pflanzlichen, thierischen und menschlichen Lebens, das scheint mir alles so trefflich und klar, dass ich, wenn ich pensionirt werden sollte, es mir als ernste wissenschaftliche Aufgabe setzen würde, eine ganz neue gründliche Psychologie, an der es noch ganz fehlt, darauf zu erbauen, und so mir eine ernste Lebensaufgabe zu erhalten. Ich bin überzeugt, dass hier für die Zukunft der Wissenschaft eine ganz neue Richtung gegeben ist, und bedauere nur, dass der Verfasser so verblendet ist, auf alles bisherige zu schimpfen und sich alle über den Hals zu ziehen, während er sich selbst doch mannigfache Blössen giebt ....“

Aber Helmholtz, der offenbar die Begeisterung für

Schulz von Schulzenstein nicht theilt, will dem alten Vater nicht widersprechen; er ignorirt in seiner Antwort ganz dessen philosophische Excurse und ist nur besorgt, denselben noch einige Zeit seiner Thätigkeit zu erhalten; umgehend antwortet er ihm:

„Dass Dir der Magistrat Schwierigkeiten wegen Deiner Pensionirung macht, ist recht ärgerlich. Du solltest doch einmal nach Berlin fahren, und Dich bei den Mitgliedern des Ministeriums erkundigen, wie die Verhältnisse in dieser Beziehung sind, und ob sie Deine Wünsche nicht unterstützen wollen und können. Möchtest Du aber nicht den Sommer noch abwarten, ehe Du eventualiter auf Abschied mit niedriger Pension anträgst? Du weisst, dass der Winter immer Deine schwere Zeit ist, und dass es im Sommer wieder besser geht. Uebrigens, glaube ich, offen gesagt, auch, dass Dich die Behörden ungern verlieren werden. Denn wenn es Dir vielleicht allmählich auch schwer oder unmöglich wird, mit Deiner alten Lebendigkeit Deinen Unterricht zu geben, und das Verhältniss mit R. Dir unendlichen Aerger bereiten und Dich verdriesslich stimmen muss, so glaube ich immer noch, dass Du auch bei viel geringerer Lebhaftigkeit und geistiger Energie ein besserer Lehrer sein wirst, als mancher andere. Du hast vollständig das Recht erworben, anzunehmen, dass, wenn Du es so gut machst, als Du es eben bei Deinen noch vorhandenen, und immer nicht geringen Kräften gemächlich machen kannst, die Behörden allen Grund haben, zufrieden zu sein, und weder Du selbst, noch irgend ein Anderer hat das Recht, mehr von Dir zu verlangen. Ich fürchte, Du machst es gerade wie Marie. Ihr überarbeitet Euch beide, und zerstört Eure Kräfte, während Ihr sie bei mässigem und ruhigem Gebrauche erhalten, und doch hinreichenden Nutzen für Euch und die Welt daraus ziehen könntet. Sieh Dir Deine Collegen an, und frage Dich, wie viel sie, und wie viel Du trotz Alter, Krankheit und Verstimmung leistest. Ich sollte

meinen, Du würdest noch sehr viel von dem nachlassen können, was Du auch jetzt noch wirklich leistest, ehe die Rechnung zu Deinen Ungunsten ausfällt, aber Du musst diesen Nachlass aus freiem Entschlusse im Bewusstsein Deines Rechtes dazu ausführen, und nicht abwarten, bis Dich fortschreitende Ueberarbeitung dazu zwingt."

Helmholtz muss sich nun zunächst ganz seinen anatomischen Vorträgen widmen, aus denen unmittelbar die in den Sitzungsberichten der niederrheinischen Gesellschaft zu Bonn am 12. März 1856 niedergelegte kurze Mittheilung hervorging: „Ueber die Bewegungen des Brustkastens", durch welche er in die schwebende Controverse über die Function der Zwischenrippenmuskeln eingriff. Er gelangte zu dem Resultat, dass die Federkraft der oberen Rippen am stärksten ist, während sie nach unten hin immer schwächer wird, so dass der Thorax als ein Korb von elastischen Stäben betrachtet werden kann, deren jeder eine Gleichgewichtslage hat, aus welcher er bei der Inspiration durch den Muskelzug entfernt wird, und in welche er bei der Exspiration von selbst wieder zurückspringt, indem die Exspiration bei ruhigem Athmen nur durch das Nachlassen der Inspirationsmuskeln bewirkt zu werden scheint.

Die wissenschaftliche und pädagogische Thätigkeit auf diesem ihm zum Theil fremden Gebiete befriedigte ihn ganz, und er schrieb am Schlusse des ersten Bonner Wintersemesters, am 6. März 1856, seinem Vater:

„Mit meinen amtlichen Verhältnissen hat es sich bisher ganz gut gemacht: morgen werde ich meine Vorlesungen beschliessen. Die Zuhörer haben sich bis jetzt in ziemlicher Zahl erhalten, und die älteren von ihnen, welche die Anatomie zum zweiten Male hörten, gaben mir auch öfter zu erkennen, dass sie bei mir manches gesehen und gelernt hätten, was ihnen früher ganz entgangen wäre. Ich glaube also hoffen zu dürfen, dass ich mit den anatomischen Vorträgen wohl Erfolg haben werde, und zwar noch mehr, wenn

ich das Museum erst werde etwas in Ordnung haben bringen können. Das ist allerdings in einem schrecklichen Zustande von Vernachlässigung. Es ist sehr überfüllt mit Gläsern, für welche der Platz lange nicht ausreicht, und die Gegenstände, welche im Katalog aufgeführt sind, sind zahlreich genug, um einem grossen Museum Ehre zu machen, aber das meiste ist unbrauchbar.

Ich habe diesen Winter auch im medicinischen Staatsexamen hier Anatomie examinirt; es sind aber im Ganzen nur sieben Candidaten gekommen; glücklicher Weise brauchten wir keinen durchfallen zu lassen. Sehr wichtig für mich ist, dass im nächsten Winter auch eine Prüfung in der Physiologie mit der Staatsprüfung verbunden werden soll, was unter den jungen Medicinern vorläufig einen grossen Schrecken verbreitet hat.

Die erste Abtheilung meiner physiologischen Optik ist jetzt fertig gedruckt, und wird, denke ich, sehr bald ausgegeben werden. Sie enthält die Lehre von dem Verhalten des objectiven Lichtes im Auge; die Lehre von den Gesichtsempfindungen und Wahrnehmungen soll die zweite Abtheilung bilden.

Die Naturwissenschaften sind mit Ausnahme der geologischen Zweige hier etwas stiefmütterlich vertreten, die bedeutendsten Leute gehören hier der historisch-philologischen Richtung an, und unseren Umgang werden wir uns wohl unter diesen suchen müssen, Welker, Ritschl, Jahn, Dahlmann, der Sanskritaner Lassen, der alte Arndt, welcher noch immer durch eine gewisse poetische Frische des Gemüths glänzt, und mit seiner Stentorstimme und Redseligkeit alle Gesellschaften beherrscht, wo er hinkommt. Auch Claus Groth, der Dichter des Quickborn, der poetischsten Gedichtsammlung, die ich lange gesehen, verweilt hier."

Während aber Helmholtz glaubt, mit seinen anatomischen Vorlesungen Erfolg zu haben, schreibt ihm du Bois

am 27. April 1856, es sei nach Mittheilung von Lehnert dem Ministerium hinterbracht worden, dass er sich in der anatomischen Vorlesung Blössen gebe . . . .; du Bois habe Lehnert geantwortet, dass, obschon Alles möglich, das Dumme aber wahrscheinlich sei, dies nicht nur nicht wahrscheinlich, sondern sogar unmöglich sei, und Lehnert habe ihn darauf hin, nachdem er die Quelle jener missgünstigen Urtheile angegeben, gebeten, „dies gelegentlich persönlich dem Minister zu versichern, den Gewissensbisse folterten, in Bonn schlecht für den anatomischen Unterricht gesorgt zu haben“. Helmholtz antwortet du Bois am 3. Mai:

„Die Nachrede, welche man mir beim Minister machte, hat mich deshalb geärgert, weil man sie nicht einmal für eine Uebertreibung wirklich vorgekommener Facta gelten lassen kann, sondern sie eine reine Erfindung ist, die auf die Gesinnung dessen, der sie vorgebracht hat, kein schönes Licht wirft . . . . Ich erhielt auch Andeutungen, dass man fände, ich zöge in die Anatomie manches physiologische und chemische hinein, was der ganz gemeinen eigentlichen Anatomie den Platz verengerte, und man machte sich darüber lustig, dass in der physiologischen Optik einmal ein Cosinus vorgekommen war. Uebrigens erhielt ich häufige Beweise von Anerkennung und Interesse für meine Vorlesungen von den älteren Studirenden und schliesslich auch von meinen Collegen . . . .“

Am Schlusse des Briefes sendet Helmholtz du Bois seine herzlichsten Glückwünsche „zu dem jungen Milchphysiologen, der sich bei ihm eingestellt hat und sich wahrscheinlich schon mit den schwierigen Fragen, wie sich Raum- und Zeitvorstellungen bilden, praktisch beschäftigt, und davon jetzt mehr weiss, als alle gelehrten Physiologen der Welt“.

Und an Wittich schreibt er am 23. Juli in Bezug auf seine anatomische Vorlesung: „Ich habe zu meinem eigenen Unterricht mikroskopische Anatomie gelesen und zwar viel

darin gelernt, aber mit ungeheurem Zeitaufwand. Am interessantesten war mir die Anfertigung von Gehirn- und Rückenmarkschnitten nach der Methode von Clarke.“

Aber nicht bloss als Lehrer hatte er sich sehr bald eine erfreuliche Wirksamkeit erobert, er suchte auch die Bonner medicinische Welt, die seinen Arbeiten ziemlich fern stand, mit seinen Nervenuntersuchungen vertraut zu machen, indem er am 14. Mai: „Zuckungscurven von Froschmuskeln“, welche das Myographion gezeichnet hatte, in den Niederrheinischen Sitzungsberichten niederlegte; auch bemühte er sich, während der Fortführung seiner „Physiologischen Optik“ für diese neuen und schwierigen Untersuchungen bei den Bonner Naturforschern Interesse zu erwecken.

„Nachdem er einmal“, sagt du Bois, „in der physiologischen Optik Fuss gefasst hatte, hörte er so bald nicht wieder auf, sich mit hervorragenden Punkten dieser ihn offenbar besonders fesselnden Disciplin zu beschäftigen“, und so legte er am 6. März der Niederrheinischen Gesellschaft eine kurze, aber wichtige und interessante Mittheilung „Ueber die Erklärung des Glanzes“ vor. Helmholtz stützt sich darauf, dass in der täglichen Ausübung des Sehens matte Flächen beiden Augen immer gleich stark beleuchtet und gleich gefärbt erscheinen müssen, bei glänzenden Flächen dagegen der Fall vorkommen kann, wo das eine Auge von dem an der glatten Oberfläche mehr oder weniger regelmässig gespiegelten Lichte getroffen wird, das andere nicht; so kann dabei dem ersteren Auge die Fläche in grösserer Helligkeit und, wenn das gespiegelte Licht eine andere Farbe als die Fläche hat, auch in anderer Farbe erscheinen als dem anderen, wenn auch im Allgemeinen diese Farbendifferenzen, welche in der täglichen Erfahrung beiden Augen glänzende Flächen darbieten, meist sehr gering sind. Wird nun dem Beobachter mittelst des Stereoskops der Anblick einer Fläche dargeboten, die dem einen Auge heller oder etwas anders gefärbt erscheint als dem anderen, so schliesst

er nach Analogie dessen, was die tägliche Erfahrung gelehrt hat, dass diese Fläche glänzend sei, eine Erscheinung, welche schon längere Zeit bekannt, aber nicht treffend erklärt worden war. Bei grösserer Farbendifferenz fehlt jede Analogie mit der Erfahrung, und das Urtheil entscheidet sich deshalb bei verschiedenen Personen verschieden, indem die einen die Mischfarbe, die anderen unregelmässige Farbenflecke zu sehen behaupten. Aeusserst wichtig ist die von Helmholtz gezogene Schlussfolgerung, dass die Empfindung eines jeden einzelnen Auges auch einzeln zum Bewusstsein komme, dass also das Einfachsehen mit beiden Augen nicht eine Folge einer anatomischen Vereinigung der entsprechenden Nervenfasern, sondern die Folge eines Actes des Urtheils sei.

Zunächst ist nun Helmholtz damit beschäftigt, seine physiologisch-optischen Forschungen für sein Handbuch zusammenzustellen, dessen erste Lieferung noch in demselben Jahre erschien, und deren Fertigstellung weit länger gedauert, als er es gewünscht und erwartet hatte. Schon am 4. September 1854 hatte er aus Königsberg an A. Fick geschrieben:

„Ich beeile mich Ihnen zu melden, dass ich in der That seit einiger Zeit beschäftigt bin, die physiologische Optik auszuarbeiten. Die Arbeit ist zunächst für ein grosses physikalisches Sammelwerk bestimmt, welches Prof. Karsten in Kiel dirigirt, und welches etwa die Stelle des älteren Gehler'schen Wörterbuches einnehmen soll, für das ich einige physiologische Abtheilungen übernommen habe, indessen werden die einzelnen Abtheilungen auch einzeln verkauft werden. Ich kann darin nun allerdings nicht alles so populär machen, wie es Mediciner lieben, indessen habe ich mich doch bemüht, das, was für diese ungeniessbar ist, so abzusondern, dass der Rest für sie brauchbar bleibt. Ich bin mit der Arbeit noch nicht weit vorgeschritten, wenigstens nicht dem Umfange nach, weil ich mit den schwersten Theilen, Brechung, Accommodation u. s. w., angefangen habe, und mich verleiten liess, noch neue systematische Messungen

auszuführen, namentlich an lebenden Augen, bei denen sich eigentlich nur so viel herausgestellt hat, dass die Formen der Augen so unregelmässig sind, dass genaue Messungen gar nicht lohnen. Dann habe ich noch viel mit Farben experimentirt. . . . Durch diese Arbeiten ist nun die Ausarbeitung meiner physiologischen Optik sehr verzögert worden, und während ich Anfangs hoffte, am Ende dieses Jahres damit fertig zu werden, wird nun wohl noch der grösste Theil des nächsten Jahres darauf hingehen. Es sind in der physiologischen Optik so sehr viele, viel besprochene Punkte, welche durch ein Paar richtig angestellte Versuche zu erledigen sind, und über die man sich schämt, viel hin und her zu sprechen, ohne diese Versuche anzustellen, dass ich überhaupt auch jetzt noch nicht hoffe, gerade schnell vorwärts zu kommen.

Nun glaube ich allerdings, dass bei aller Mühe, den Medicinern verständlich zu bleiben, mein Werk etwas umfangreich und schwerfällig wird, da ich den ganzen Umfang der Wissenschaft mit allem zugehörigen Apparate beibehalten muss. Ein kleineres Werk, das speciell die Mediciner berücksichtigte, und alles, was diese doch nicht verstehen, nur kurz in den Resultaten zusammenfasste, würde daneben doch immer wohl sein Publicum finden können, und es würde bei der jetzigen Lage der physiologischen Optik auch dadurch für die Wissenschaft ein Nutzen entstehen, dass Sie mit Ihrer scharfen mathematischen Art, die Dinge anzusehen, gezwungen sein würden, eine Reihe der zweifelhaften Punkte scharf in das Auge zu fassen und mit ordentlichen Versuchen zur Entscheidung zu bringen. Für die verschiedenen Aufsätze, welche Sie mir zugeschickt haben, sage ich Ihnen noch nachträglich meinen Dank. In der Accommodationssache ergeben meine neueren Messungen, dass auch die hintere Linsenfläche beim Nahesehen sich stärker krümmt, wenigstens nicht an Krümmung verliert. Das passt weder zu Ihres Bruders noch zu Cramer's Ansicht vom

Mechanismus. Ich selbst kann nicht sagen, dass ich schon eine feste Ansicht darüber hätte. Doch halte ich für wahrscheinlich, dass ausser dem Drucke der Iris und der veränderten Blutvertheilung noch die Spannung der Zonula, welche die Linse radial dehnen, und daher flacher machen kann, beim Nahesehen nachlasse, weil die Ciliarfortsätze durch den Tensor Chorioideae nach ihrer Länge verkürzt werden. Aber es ist dies bisher eine reine Hypothese."

Erst im Jahre 1856 war der erste Theil des Handbuches vollendet.

Zugleich aber hatte er sich schon in den letzten Jahren, um die Subjectivität der Sinnesempfindungen auch für die anderen Sinne festzustellen und die psychischen Processe beim Verständniss dieser Sinnesempfindungen zu begründen, der physiologischen Akustik zugewandt und auch hier wieder eine völlig neue Basis für die physiologische Forschung auf einem Gebiete geschaffen, auf welchem seine Arbeiten ebenso bewunderungswürdig sind, als in der physiologischen Optik. Schon am 3. Mai schreibt er an du Bois: „Ich werde nächstens eine Arbeit über die Tartini'schen Töne loslassen, aus welcher mir eine kaum gehoffte Vereinfachung der Lehre von der Combination der Gehörsempfindungen zu Consonanz und Dissonanz hervorzugehen scheint. Sauerwald's Sirene ist sehr gut geworden."

Und an Wittich schreibt er am 21. Mai:

„Ich habe im Winter die Verbindungen der Gehörknöchelchen neu untersucht und über die Tartini'schen Töne gearbeitet. Ich bin so weit fertig, dass ich ein Resumé der Berliner Akademie geschickt habe, und jetzt an die Ausarbeitung gehen will. Ich hoffe, die ganze Lehre von der Harmonie auf die einfachen Grundfacta zurückzuführen, dass das Ohr Bewegungen, die sich in einer gewissen Geschwindigkeit regelmässig wiederholen, als continuirliche Tonempfindung auffasst, und dass continuirliche Tonempfindung als Consonanz, discontinuirliche als Dissonanz empfunden

werden. . . . Dem Richelot sagen Sie doch, dass ich jetzt den Generalbass auf eine Integration partieller Differentialgleichungen zweiter Ordnung und zweiten Grades gründen wollte — ich hoffte, dieser Gegenstand wird für ihn interessanter sein, als die Objecte meiner früheren Arbeiten.“

Aehnlich schreibt er an W. Thomson am 18. Juni:

„Der Umzug und die Nothwendigkeit, Anatomie wieder zu lesen, welche ich seit sechs Jahren nicht mehr vorgetragen hatte, haben mir allerdings viel Zeit gekostet und mich in meinen Arbeiten zurückgehalten. Ausserdem hatte ich übernommen, ein Lehrbuch der physiologischen Optik zu schreiben, wovon jetzt eine Abtheilung erschienen ist. Ich behalte mir vor, Ihnen ein Exemplar davon zuzusenden. Während des Winters habe ich einige akustische Untersuchungen gemacht, namentlich über die Combinationstöne, aus denen hervorgeht, dass diese Töne, deren Ursprung man bisher immer im Ohre selbst gesucht hat, auch ausserhalb des Ohres entstehen können, so oft die Vibrationen der Luft oder eines anderen elastischen Körpers, namentlich auch des Trommelfelles im Ohre stark genug werden, dass die zweite Potenz der Elongationen Einfluss auf die Bewegung erhält, also das Gesetz von der Superposition kleinster Schwingungen aufhört gültig zu bleiben. Sind m und n die Schwingungszahlen zweier gleichzeitig ertönender Töne, so entsteht daneben nicht nur der schon länger bekannte Ton von $(m - n)$ Schwingungen, sondern ich habe auch einen Ton von $(m + n)$ Schwingungen entdeckt.“

Am 22. Mai legte er der Berliner Akademie eine Note über Combinationstöne vor, deren Inhalt er acht Tage später der Niederrheinischen Gesellschaft mittheilte, und deren Ausführung noch in demselben Jahre in Poggendorff's Annalen erschien. Es war bekannt, dass einerseits eine ungestörte Superposition der verschiedenen Wellenzüge in der Luftmasse stattfindet, andererseits dass das Ohr, wenn es gleichzeitig von mehreren solchen Schallwellenzügen getroffen wird, fähig

ist, jeden einzelnen unter ihnen einzeln wahrzunehmen und zu erkennen; aber das Ohr hört in solchem Falle nicht nur die verschiedenen von den tönenden Körpern erregten Töne, sondern es hört ausser diesen, wenn auch schwach, noch andere Töne, die Combinationstöne, welche nicht primär von einem der tönenden Körper, sondern erst secundär durch das Zusammentreffen zweier primären Töne entstehen. Dieselben waren bisher als subjective Erscheinungen, welche auf der besonderen Art der Empfindung der Schallvibrationen durch den Hörnerv beruhten, aufgefasst; die Entscheidung eben dieser Frage, sowie der nach der Möglichkeit noch anderer als der bekannten Combinationstöne unterwarf Helmholtz einer eingehenden, durch die Hülfsmittel der mathematischen Analysis unterstützten Untersuchung.

Er nennt eine solche vibrirende Bewegung eines elastischen Körpers, bei welcher die Entfernung eines jeden schwingenden Theilchens von der Gleichgewichtslage durch die einfache mit einem constanten Factor versehene Sinusfunction eines linearen Ausdruckes der Zeit dargestellt wird, eine einfache Schwingungsbewegung, wenn die Schwingungen sich durch ein elastisches Mittel fortpflanzen, eine einfache Wellenbewegung; jede andere schwingende Bewegung, die sich, wie bereits bekannt war, durch eine additive Zusammensetzung solcher Sinusfunctionen mit Argumenten, welche andere lineare Ausdrücke der Zeit sind, darstellt, bezeichnet er als eine zusammengesetzte Schwingungs- oder Wellenbewegung. Von der Erfahrung ausgehend, dass ein geübtes Ohr überall, wo die mathematisch-mechanische Untersuchung zusammengesetzte Wellenbewegungen nachweist, Töne unterscheidet, welche den darin enthaltenen einfachen Wellenbewegungen entsprechen, legt er sich nun die oben erwähnte Frage zunächst für einfache Wellenbewegungen vor und sucht deshalb nach Mitteln, einfache Wellenbewegungen in der Luft hervorzubringen. Da aber alle tönenden elastischen Körper mehrfache Schwingungsformen annehmen, wobei sie Töne ver-

schiedener Höhe hervorbringen, wählte Helmholtz einen Tonerreger, welcher seine Schwingungen möglichst wenig an die Luft abgiebt, während ein von dem ersteren in Mitschwingung versetzter anderer, der Resonator, so eingerichtet war, dass er seine Schwingungen leicht und stark der Luft mittheilt. Ist nun der Grundton beider Körper genau gleich, dagegen die sämmtlichen höheren Nebentöne des einen von denen des anderen verschieden, so wird der Resonator nur von dem Grundton erregt werden und nur die Schwingung des Grundtones der Luft mittheilen. Helmholtz wählte eine Stimmgabel und als Resonator die Saite eines Monochordes oder Lufträume, gebildet aus cylindrischen von Pappe verfertigten Röhren, welche an beiden Enden durch einen ebenen Boden geschlossen waren, von denen der eine in der Mitte eine runde Oeffnung besass. Mit Hülfe dieser Zusammenstellung ergab sich, dass einfache Töne, wie Helmholtz Töne einfacher Schwingungen nach Analogie der einfachen Farben des Spectrums nennt, nur solche tiefere Combinationstöne deutlich hören lassen, deren Schwingungszahl gleich der Differenz der Schwingungszahlen der primären Töne ist, und dass, wenn Combinationstöne anderer Ordnung daneben existiren, diese zu schwach sind, um bei mässiger Stärke der primären Töne dem Ohre hörbar zu werden. Wenn daher bei zusammengesetzten Tönen Combinationstöne höherer Ordnung oft sehr deutlich auftreten, so sind diese somit Combinationstöne der höheren Beitöne. Helmholtz findet nun noch eine zweite Klasse von Combinationstönen, deren Schwingungszahl gleich ist der Summe der primären Töne, und nennt diese neuen Töne Summationstöne, während er die früheren als Differenztöne bezeichnet.

Ausgehend von der von Ohm 1843 gemachten Annahme, dass das Ohr in seiner Empfindung die Luftbewegung genau ebenso in einfache Schwingungsbewegungen zerlegt, wie die Fourier'sche Reihe für jede periodische Function sich zusammensetzt aus der Summe von periodischen

Sinusfunctionen, oder dass jede beliebige Wellenform aus einer Anzahl einfacher Wellen von verschiedener Länge zusammengesetzt werden kann, von denen die längste dieser einfachen Wellen dieselbe Länge hat wie die gegebene Wellenform, die anderen die halbe, drittel, viertel u. s. w. dieser Länge, nennt Helmholtz Klang den zusammengesetzten Ton eines musikalischen Instrumentes, während er die Bezeichnung des Tones nur für einfache Töne anwendet. So ist Klang eigentlich ein Accord mit überwiegendem Grundton, seine Stärke gleich der Summe der Stärke der einzelnen in ihn eintretenden Töne, seine Höhe gleich der Höhe seines Grundtones. Das Ohr analysirt alle Tonwellen nach dem Fourier'schen Satze, indem es die Wellenform in eine Summe von einfachen Wellen auflöst; es empfindet den einer jeden einfachen Welle zugehörigen Ton einzeln, mag nun die Welle ursprünglich so aus der Tonquelle hervorgegangen sein oder sich erst unterwegs zusammengesetzt haben, und es hört bei gehöriger Aufmerksamkeit die den einzelnen einfachen Wellen entsprechenden Obertöne heraus.

Diese Ueberlegungen unterstützten wiederum die Anschauungen, welche Helmholtz für unsere Sinnesempfindungen aus der Optik gewonnen. Ein gewisser zusammengesetzter Ton ist das ausreichende sinnliche Zeichen für die Anwesenheit eines gewissen tönenden Körpers; in Betreff der Art seiner Zusammensetzung müssen wir jedoch für die Wahrnehmung der Obertöne unsere Aufmerksamkeit in ähnlicher Weise künstlich unterstützen, wie für die Wahrnehmung der Doppelbilder und des blinden Fleckes, gleichwie wir uns auch für gewöhnlich nicht klar machen, dass die sinnliche Anschauung eines körperlich ausgedehnten Gegenstandes aus zwei verschiedenen Netzhautbildern beider Augen zusammengesetzt ist. Helmholtz fand ferner, dass die Combinationstöne nur bei starken primären Tönen auftreten, dass ihre Intensität in einem viel stärkeren Verhältnisse wächst als die der primären Töne, und dass letztere bei

grosser Stärke neben dem Combinationstone fast ganz verschwinden können.

Aber nun griff er das Problem in seiner Allgemeinheit auch mathematisch an. Er fand die bisher stets gemachte Annahme, dass verschiedene Tonwellenzüge, welche gleichzeitig in der Luft erregt werden, sich einfach superponiren, ohne gegenseitig Einfluss auf einander zu haben, als den Grundsätzen der Mechanik widersprechend und stellte durch streng mathematische Betrachtungen fest, dass sich freilich verschiedene einfache Schwingungsbewegungen eines elastischen Körpers ungestört superponiren, so lange die Amplituden der Schwingungen so klein sind, dass die durch die Verschiebungen hervorgebrachten Bewegungskräfte diesen Verschiebungen selbst merklich proportional werden; wenn jedoch die Amplituden der Schwingungen so gross werden, dass die Quadrate der Verschiebungen einen merklichen Einfluss auf die Grösse der Bewegungskräfte erhalten, entstehen neue Systeme einfacher Schwingungsbewegungen, deren Schwingungsdauer derjenigen der Combinationstöne entspricht; die schwingenden Bewegungen der Luft, welche durch mehrere gleichzeitig wirkende Tonquellen hervorgebracht werden, sind nur dann die genaue Summe der Bewegungen, welche die einzelnen Tonquellen hervorbringen, wenn die Schwingungen von unendlich kleiner Grösse, also die Dichtigkeitsänderungen so klein sind, dass sie, verglichen mit der ganzen Dichtigkeit, nicht in Betracht kommen, und wenn ebenso die Verschiebungen der schwingenden Theilchen verschwindend klein sind gegenüber den Dimensionen der ganzen Massen, während, wenn das Gesetz nicht zutrifft, die Combinationstöne entstehen. Aus diesen Ueberlegungen ergab sich, dass der Ursprung der Combinationstöne nicht nothwendig in der Empfindungsweise des Hörnerven zu suchen ist; bei zwei gleichzeitig erklingenden Tönen von gehöriger Stärke können den Combinationstönen wirkliche Schwingungen des Trommelfelles und der Gehörknöchelchen entsprechen, welche

von dem Nervenapparate in der gewöhnlichen Weise empfunden werden. Aehnliche Verhältnisse wie bei den Bewegungen des Apparates der Trommelhöhle können sich aber auch, wie Helmholtz schloss, ausserhalb des Ohres wiederholen, so dass auch den Combinationstönen entsprechende Schwingungen ganz unabhängig vom menschlichen Ohre und ausserhalb desselben vorkommen. Er führte auch einen Versuch zum Beweise der objectiven Existenz von Combinationstönen aus. Die Natur der Combinationstöne hat also nichts zu thun mit der wunderbaren Eigenschaft des Ohres, das Durcheinander der Wellen wieder in die einzelnen Töne, die es zusammensetzen, zu zerlegen und die Stimmen der einzelnen Individuen, sowie die Klänge der verschiedenen musikalischen Instrumente zu unterscheiden; worauf aber gerade diese Eigenschaft beruht, die Bewegung der Luft, welche durch das Zusammenwirken verschiedener tönender Körper entsteht, wieder in Theile zu zerlegen, welche den Einzelwirkungen entsprechen, darüber hatte er sich freilich schon damals eine bestimmte Hypothese gebildet, glaubte dieselbe aber erst noch an verschiedenen Erscheinungen prüfen zu müssen.

So bereitete er, während er noch in die Bearbeitung seiner physiologischen Optik vertieft war, sein grosses Werk über die Lehre von den Tonempfindungen vor, und beschäftigte sich zunächst mit der Bearbeitung der hierher gehörigen physiologischen Fragen, deren Interesse noch erhöht wurde „durch das Alter, welches sie ungelöst erreicht hatten“, und durch ihre Bedeutung für Musik und Sprachwissenschaft.

Bevor Helmholtz seine Sommerreise antrat, wurde er durch den Besuch von Donders in Bonn erfreut, und fuhr sodann am 15. August nach Schwalbach,

„um dort“, wie er seinem Vater schrieb, „Professor Thomson aus Glasgow zu finden, denselben, den ich im vorigen Jahre in Kreuznach aufgesucht hatte, und der in England hauptsächlich sich mit der Theorie der Erhaltung

der Kraft beschäftigt. Er ist gegenwärtig jedenfalls einer der ersten mathematischen Physiker und von einer Schnelligkeit des Erfindens, wie ich sie noch bei keinem anderen Gelehrten gesehen habe.“

Nachdem er einen Tag dort im Hause von Thomson zugebracht und sich noch am anderen Morgen einige neue Sirenenversuche hatte auseinandersetzen lassen, die sich Thomson während der Nacht ausgedacht und „die, wenn sie gelingen, äusserst frappante Resultate geben müssen“, traf er mit seinem Reisegefährten für die Schweiz, Dr. Otto Weber, Privatdocenten der Chirurgie in Bonn, „einem jungen talentvollen Manne, der früher auch viele geologische Studien gemacht hat“, in Frankfurt zusammen. Von Heidelberg, wo er „Kirchhoff schon abgereist, Bunsen im Packen begriffen“ fand, begab er sich über Basel — wo er seiner Frau eine begeisterte Schilderung der Holbein'schen Handzeichnungen entwirft, „von wirklich ausgezeichneter Vollendung; so viel Kraft, Charakter und dramatisches Leben findet man selten bei einander, nur die Grazie fehlt“ — nach Chamounix, wo er mehrere grosse Berg- und Gletschertouren unternahm, die er in ihren Schönheiten, aber auch in ihren Gefahren seiner Frau in den lebhaftesten Farben schildert. Ermüdung und Sehnsucht nach Arbeit führen aber „den 35jährigen Ehekrüppel“ schon am 1. September wieder nach Bonn zurück. Wenige Tage später erhält er auch schon die Exemplare der ersten Lieferung seines Handbuches der physiologischen Optik, in welcher er die Resultate seiner langjährigen Untersuchungen zu einem harmonischen Ganzen zusammenfasst.

Wenn man von der Ausführung der in den bereits besprochenen physiologisch-optischen Abhandlungen veröffentlichten Untersuchungen und von der durch ihre umfassende Vollständigkeit und kritische Ueberarbeitung bewunderswerthen Zusammenstellung aller in dieses Gebiet fallenden Arbeiten absieht, so enthält diese Lieferung noch eine Reihe

neuer und überaus wichtiger Resultate, welche dem ganzen Aufbau der physiologischen Optik eine mathematisch sichere Basis verleihen. Nachdem er eine ausführliche anatomische Beschreibung des Auges vorausgeschickt, theilt er die Lehre von den Gesichtsempfindungen in drei Abschnitte: in die Lehre von den Wegen des Lichtes im Auge, von den Empfindungen des Sehnervenapparates und von dem Verständniss der Gesichtsempfindungen oder von den Gesichtswahrnehmungen. In dem ersten erschienenen Theile behandelt er hauptsächlich das Problem der Brechung der Lichtstrahlen oder die Dioptrik des Auges. Er giebt zunächst eine einfachere und umfassendere Darstellung der Lichtbrechung in centrischen Systemen brechender und spiegelnder Kugelflächen, als sie von Gauss entwickelt worden, und wendet die gefundenen Gesetze auf die Brechung der Lichtstrahlen in den Augenmedien an, wobei er zu dem interessanten Satze gelangt, dass die Entfernung der Hauptpunkte von einander in der Krystalllinse kleiner ist als in einer Linse, welche dieselbe Form und das Brechungsvermögen des Kernes hätte; zugleich aber wird er in Folge von Messungen, die er an lebenden Augen ausgeführt, zu Zweifeln darüber angeregt, ob Form und Brennweite todter Linsen denen des lebenden fern sehenden Auges gleich sind. Er unterwirft die verschiedenen von Listing gegebenen Reductionsmethoden einer genauen Untersuchung und bespricht dann nach Begriffsbestimmung der Accommodation den Mechanismus derselben und die Theorie der Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut mit Angabe aller früher von Anderen und ihm selbst mit den verschiedenen Optometern durchgeführten Messungen. Er giebt ausführliche Auseinandersetzungen über den Astigmatismus und die entoptischen Erscheinungen im Auge, berührt die Farbenuntersuchungen jedoch in diesem ersten Theile nur so weit, als sie die Farbenzerstreuung im Auge selbst betreffen. Interessant ist die Berechnung der Helligkeit in einem durch Dispersion erzeugten Zerstreuungskreise

eines einzelnen leuchtenden Punktes, sowie am Rande einer gleichmässig erleuchteten Fläche, woraus die Erklärung hergeleitet wird, warum die Farbenzerstreuung der Bilder im Auge der Schärfe des Sehens so wenig Eintrag thut; eine Zusammenstellung von Linsen, welche im Stande waren, das Auge achromatisch zu machen, hat die Schärfe des Gesichts nicht merklich erhöht. Endlich entwickelt er noch die Brechung im Scheitel eines ungleichaxigen Ellipsoids und untersucht Strahlenbündel, welche schief auf eine kugelige Fläche fallen.

Zur Begründung der mathematischen Theorie des Augenleuchtens und der Augenspiegel entwickelt Helmholtz einige allgemeinere Sätze, als sie sich in der von ihm veröffentlichten Schrift über den Augenspiegel finden, und von denen die folgenden hervorgehoben werden mögen: 1. Wenn zwei Lichtstrahlen in entgegengesetzter Richtung durch beliebig viele einfach brechende Mittel gehen und in einem dieser Medien in eine gerade Linie zusammenfallen, so fallen sie in allen zusammen. 2. Wenn die Pupille des beobachteten Auges leuchtend erscheinen soll, so muss sich auf seiner Netzhaut das Bild der Lichtquelle ganz oder theilweise mit dem Bilde der Pupille des Beobachters decken. 3. Wenn in einem centrischen Systeme von brechenden Kugelflächen n_1 das Brechungsverhältniss des ersten, n_2 das des letzten brechenden Mittels ist, und es befindet sich in dem ersten senkrecht gegen die Axe des Systems gerichtet und der Axe nahe ein Flächenelement α, in dem letzten ein ebensolches β, so fällt, wenn α die Helligkeit $n_1^2 . H$ und β die Helligkeit $n_2^2 . H$ hat, ebenso viel Licht von α auf β als von β auf α, und dieses Gesetz, auf die Verhältnisse des Augenleuchtens angewandt, sagt dann aus, dass die Menge Licht, welche von einem Flächenelemente der Netzhaut des beobachteten Auges in das Auge des Beobachters fällt, gleich ist der Helligkeit, mit der das Netzhautelement von der Lichtquelle erleuchtet wird, multiplicirt mit der Menge

Licht, welche von der Pupille des Beobachters, wenn sie die Helligkeit = 1 hätte, auf das Netzhautelement fallen würde. Durch diese Gesetze gelingt es ihm, ein allgemeines Verfahren anzugeben, um die Helligkeit zu bestimmen, mit welcher dem Beobachter durch einen Augenspiegel eine Stelle der Netzhaut des beobachteten Auges erscheint, und darauf gründet er wiederum die Vergleichung der verschiedenen Formen des Augenspiegels. Ueberall ist die historische Entwickelung bis in die Einzelheiten klar dargelegt, und die Uebersicht der Literatur auf das Gewissenhafteste durchgeführt.

Den ersten Separatabdruck übersandte er seinem Vater, der ihm voll Freude in einem Briefe vom 27. September dankt:

„Für das erste Heft Deiner physiologischen Optik danke ich Dir herzlich, bedauere aber den armen Buchhändler, der so viel Kosten an den Druck gewandt hat, und es nun doch nicht herausgeben kann, da es mitten in einem Absatze abbricht. Uebrigens hat mich die Schärfe und Kunst der Beobachtung und des Experimentes gar sehr erfreut. Aber wenn man sieht, welchen Reichthum und welche Kunst die Natur für einen so einfachen Process, wie das empirische Sehen, aufwendet, und wie im Körper selbst wieder jeder kleinere Theil dieselben Stoffe zu so verschiedenen Formen und Stoffen durchbildet und absondert, wie kann man sich vor solcher unendlicher Menge von Geheimnissen, vor denen man steht, und wo die Lösung des einen immer eine Anzahl neuer entdecken lässt, noch einbilden, es könne je die Wissenschaft und Kunst ein lebendiges Wesen, wohl gar einen Menschen schaffen. Uebrigens will ich Dich auf: Franz Bako von Verulam von Kuno Fischer aufmerksam machen, falls es Dir entgangen sein sollte. Es macht das Buch das Verhältniss der wissenschaftlichen Naturbeobachtung zu der übrigen transcendentalen Forschung und überhaupt den Geist und die Entwickelung der neueren Wissenschaft sehr

klar, und ist für mich sehr belehrend gewesen. Der Bako selbst war ein ausserordentlicher Mensch, einer jener grossen Bahnbrecher, die der ganzen Entwickelung der Menschen eine Richtung geben. Auch ist mir jüngst klar geworden, warum Dir Schopenhauer sein Buch geschickt hat. Sein in der Zeitung und überall sonst ihn angreifender Schüler Frauenstädt beschuldigt Dich in seinem Buche „Der Materialismus, seine Wahrheit und sein Irrthum“, Du habest in Deiner Vorlesung zu Kant's Gedächtniss aus Schopenhauer entlehnt, was Du über das Verhältniss des sinnlichen Eindruckes zur Vorstellung gesagt, ohne, wie sich's doch geziemte, Schopenhauer zu nennen; was er aber als solches anführt, ist theils aus Kant, theils aus Fichte's Vorlesungen über das Verhältniss der Logik zur Philosophie, von der ich mich erinnere, dass sie Schopenhauer zugleich mit mir gehört hat. Derselbe beschuldigt Dich, in Deiner anderen Vorlesung eine Auflösung und Vernichtung des Universums gelehrt zu haben, und meint, die Natur habe gewiss Kräfte genug, um, wo sie zerstöre, auch wieder neu zu schaffen. Uebrigens will Schopenhauer weder Materialist noch Idealist sein; so viel ich aber verstehe, bleibt er Pantheist, so sehr er auch den Spinozismus von sich weist. Dass er übrigens dem Materialismus seine Berechtigung und deren Grenze nachweist, und nicht polemisch gegen ihn und ableugnend auftritt, ist ganz gut, geschieht aber durch das Buch von Fischer über Bako viel gründlicher. — Deine akustische Vorlesung werde ich Meier zur Beurtheilung geben, mir ist sie zu unverständlich. . . . . Die nächstes Jahr in Bonn stattfindende Versammlung der Naturforscher, bei der es wenigstens in Wien sehr flott hergegangen zu sein scheint, wird Dir Zeit und Geld genug kosten; indessen ein tüchtiger Ruf als Gelehrter wird Dir das schon wieder einbringen, sorge nur für einen recht glänzenden Vortrag, womöglich für eine überraschende neue Entdeckung. Wenn Du so einen Ohrenschaller wie Augenspiegel erfinden könntest,

das wäre freilich das beste. Wenn das Erfinden nur so ginge, wie man wollte."

Zugleich theilt er ihm mit:

„Mein Schulamt bin ich vom October glücklich los. Ob ich irgend eine wissenschaftliche Beschäftigung werde ergreifen können, wird von Augen und Kopf, die sehr angegriffen sind, abhängen. Es fragt sich, wie mir die Ruhe, und das Aufhören der steten inneren Reizung und Erbitterung bekommen wird."

Am Ende desselben Jahres hielt Helmholtz in der ärztlichen Section der Niederrheinischen Gesellschaft einen Vortrag über „die Wirkungen der Muskeln des Armes", eine Frucht seiner anatomischen Vorlesungen, worin er nachwies, dass die Bewegungen des Schultergürtels in Hebung oder Senkung des Schlüsselbeins und Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung desselben bestehen, und dass zu jeder dieser Stellungen des Schlüsselsbeins eine Drehung des Schulterblattes eintreten kann, welche nicht bloss als eine accessorische Bewegung für die Hebung der Schulter, sondern als eine selbständige Bewegung zu betrachten ist. Daran knüpfen sich weitere Versuche und Ueberlegungen, welche eine Einsicht in die Muskelwirkungen zur Bewegung des Oberarmes gewähren und unter Anderem auf die bisher nicht beachtete Rotation der ersten Phalangen um ihre eigene Axe aufmerksam machen. Die beiden letztgenannten anatomischen Arbeiten, welche nahezu 14 Jahre nach seiner anatomischen Dissertation erschienen, stehen in keinem engeren inneren Zusammenhange mit seinen anderen Forschungen auf den verschiedensten Gebieten der Physik und Physiologie.

Da er sich bei Abfassung seiner physiologischen Optik die gewaltige Aufgabe gestellt hatte, alle wesentlichen Punkte, die auch von anderen Physiologen und Physikern bereits untersucht und festgestellt waren, durch eigene Beobachtungen und Versuche nachzuprüfen und zu begründen, so folgt in der ganzen Reihe der Jahre, in denen er an jenem

grossen Werke fortarbeitete, eine Fülle der weittragendsten Einzelentdeckungen, welche die Wissenschaft nach allen Richtungen hin erweiterten. Im Juni 1857 legte er der Niederrheinischen Gesellschaft sein „Telestereoskop“ vor, dessen ausführliche Beschreibung noch in demselben Jahre in Poggendorff's Annalen erschien.

Am 14. Juli 1857 schreibt er an du Bois:

„Ich sitze und warte auf die Mechaniker und schmiede inzwischen physiologische Optik zusammen. Eine optische Spielerei, die ich unter dem Namen Telestereoskop (Stereoskop für die fernen Theile der Landschaft) in der Niederrheinischen Gesellschaft beschrieben habe, macht, wie ich höre, die Runde durch die politischen Zeitungen, nach dem Sitzungsberichte in der Kölner Zeitung abgedruckt; ich werde deshalb nächstens eine kurze Notiz darüber an Poggendorff schicken.“

Es war bekannt, dass die Netzhautbilder der beiden menschlichen Augen, welche selbst perspectivische Projectionen der im Gesichtsfelde befindlichen Gegenstände darstellen, desto mehr von einander verschieden sind, je näher der Gegenstand den Augen steht; dass jedoch bei sehr entfernten Gegenständen, gegen deren Entfernung die Distanz der Augen verschwindend klein ist, auch der Unterschied der Bilder verschwindet, somit für uns das Hülfsmittel verloren geht, die Entfernung der Gegenstände zu schätzen und ihre körperliche Gestalt zu erkennen, worauf bekanntlich das Princip des Stereoskops beruht. Bei stereoskopischen Landschaftsbildern wählt daher der Photograph zwei beliebig weit von einander entfernte Standorte, um sich zwei hinreichend von einander verschiedene perspectivische Projectionen der Gegend zu verschaffen, so dass der Beschauer im Stereoskop ein verkleinertes Modell der Landschaft sieht, dessen Dimensionen sich zu denen der Landschaft verhalten, wie die Augendistanz des Beobachters zur Distanz der beiden Standorte der photographirenden Camera obscura.

Von diesen Erfahrungen ausgehend, stellte sich Helmholtz die Aufgabe, durch Construction eines Instrumentes, das er Telestereoskop nannte, auch bei der directen Beschauung einer Landschaft einen Theil der Vortheile zu verschaffen, welche die stereoskopischen Photographien gewähren, und zwar dadurch, dass es dem Beschauer zwei Bilder der Landschaft stereoskopisch vereinigt zeigt, welche zwei Standpunkten entsprechen, deren Distanz die der menschlichen Augen beträchtlich übertrifft. Die äusserst einfache Construction dieses Instrumentes besteht aus zwei grösseren und zwei kleineren Spiegeln, welche unter 45° gegen die Längskante des gemeinsamen hölzernen Kastens geneigt sind, so dass das von dem fernen Objecte kommende Licht zweimal unter rechten Winkeln reflectirt wird und dann parallel in die beiden Augen des Beobachters fällt; jedes Auge des Beobachters sieht somit in dem kleinen Spiegel seiner Seite den grossen Spiegel und in dem grossen die Landschaft gespiegelt, und zwar in einer solchen perspectivischen Projection, wie sie von den beiden grossen Spiegeln aus erscheint; es wird somit durch das Instrument die Augendistanz des Beobachters bis zur Grösse der Entfernung der beiden grossen Spiegel vergrössert und liefert daher eine viel grössere Verschiedenheit der beiden perspectivischen Ansichten, als die beiden Augen des Beobachters bei unmittelbarer Betrachtung der Landschaft gewähren. Durch Verbindung eines Doppelfernrohres mit einem Telestereoskop gewinnt er die Construction des stereoskopischen Doppelfernrohres, das er mit allen dahin gehörigen Berechnungen später in seinem Handbuch der physiologischen Optik veröffentlichte.

Inzwischen nahmen aber auch seine akustischen Untersuchungen eine immer grössere Ausdehnung an, und es folgten physiologisch-optische und -akustische Entdeckungen von grösster Bedeutung rasch auf einander.

Am 18. Mai 1857 schreibt er an du Bois:

„Ich habe allmählich ziemlichen Stoff zur Reform der

physiologischen Akustik angesammelt, und warte auf Instrumente, um es nach und nach fertig zu machen. Von den Resultaten will ich eines erwähnen, welches mir für die Nervenphysiologie von Interesse scheint, dass nämlich die Fasern des Acusticus, welche die höheren Töne empfinden, im Stande sein müssen, bis 150 Wechsel von Erregung und Ruhe (150 Schwebungen) in der Sekunde von einer continuirlichen Erregung zu unterscheiden, während in Sehnerv und Muskeln schon 10 bis 15 Wechsel in der Sekunde als continuirliche Erregung wirken. Es ist das in Uebereinstimmung mit dem schnellen Wechsel der elektrischen Anordnungen in den Nerven, und es scheint daraus zu folgen, dass die Trägheit jener Wirkungen in den Muskelfasern und den lichtempfindlichen Theilen der Retina liegt."

Schon am Ende des Jahres hatte er seine Theorie der Vocale, die ihn bereits seit Monaten beschäftigte, so weit geführt, dass er am 4. November 1857 Donders mittheilen konnte, dieselben unterschieden sich auch durch die höheren Nebentöne, welche den Grundton begleiten. Wenn man in das Clavier hineinsinge, bringe man leicht bei a, o, e die den höheren Nebentönen entsprechenden Saiten zum Nachklingen — es komme dabei nur darauf an, den betreffenden Ton genau zu treffen und festzuhalten; geübteren Sängern gelinge der Versuch deshalb am besten, „meiner Frau besser als mir selbst". Nennt man den Grundton den ersten Ton und nennt man den höheren Ton, welcher zwei-, drei-, vier u. s. w. mal so viel Schwingungen macht, den zweiten, dritten, vierten u. s. w. Ton, so ist bei a neben dem ersten Ton der dritte und fünfte deutlich, der zweite, vierte und siebente schwächer vorhanden; bei o ist der dritte etwas schwächer als bei a, während der zweite und fünfte sehr schwach sind; bei u ist fast allein der Grundton vorhanden, der dritte schwach; bei e der zweite sehr kräftig, die höheren kaum hörbar, und bei i scheint der zweite und dritte Ton im Verhältniss zu dem schwachen Grundton den hellen

Charakter des Vocals zu bedingen, während der fünfte Ton schwach vorhanden ist.

Aber noch waren grosse Schwierigkeiten zur vollständigen Ergründung der Theorie der Vocale zu überwinden, welche ihn bis zum Anfang des Jahres 1859 beschäftigten. „Ich will übrigens jetzt daran gehen, diese Fragen über den Grund der Klangfarbe ordentlich vorzunehmen, weil darin auch die Lösung der zwischen Ohm und Seebeck discutirten Grundfrage der physiologischen Akustik: welche Arten von Schwingungen entsprechen einem einzigen hörbaren Tone? steckt. Ich glaube, dass Ohm Recht hat mit der Annahme, dass das Ohr die Luftbewegungen genau nach dem Satze von Fourier zerlegt und hört", schreibt er Donders in dem oben erwähnten Briefe.

Eine lange Reihe von Jahren war der Gegensatz in den philosophischen Anschauungen von Vater und Sohn nicht offen zu Tage getreten; da schreibt Helmholtz am 17. December seinem Vater:

„Uns geht es hier recht gut, wir sind alle gesund gewesen. In meiner amtlichen Stellung ist eine wesentliche Verbesserung dadurch eingetreten, dass Prof. Budge nach Greifswald gegangen ist, ich bin dadurch hier der einzige officielle Vertreter der Physiologie geworden, und das Ministerium kann deshalb an mich jetzt keine Anforderungen mehr machen betreffs der vergleichenden und mikroskopischen Anatomie, für die ich sonst am Ende hätte einstehen müssen. Denn wenn ich im Winter menschliche Anatomie und im Sommer Physiologie als Hauptcolleg vortrage, ist meine Zeit besetzt, und man kann billiger Weise nicht mehr von mir fordern .... Was meine Arbeiten betrifft, so lege ich einen Abdruck einer akustischen Arbeit bei, eine andere ist schon zur Hälfte wieder fertig, aber ich habe sie jetzt bei Seite gelegt, weil ich mich einstweilen darin festgeritten hatte, und die Sache erst vergessen und dann wieder frisch angreifen will. Einstweilen schreibe ich wieder an der

physiologischen Optik, und muss in den Weihnachtsferien auch wieder einen populären Vortrag fabriciren.“

Er ergänzt diese wenigen Zeilen, um nicht den Inhalt des letzten Briefes seines Vaters unberührt zu lassen, am 31. December durch ein ausführliches Schreiben, worin er unter anderem ausführt:

„... Was Du mir über Dein jetziges Leben geschrieben hast, hat mich sehr gefreut; ich denke, dass Dich Deine philosophischen Arbeiten desto mehr interessiren werden, je länger Du daran arbeitest. Auch scheint mir der Zeitpunkt günstig zu sein, dass sich Stimmen aus der alten Schule von Kant und Fichte dem Aelteren wieder öffentlich hören lassen, da der philosophische Rausch und zugehörige Katzenjammer der naturphilosophischen Systeme von Hegel und Schelling vorüber zu sein scheint, und die Leute wieder anfangen, sich für Philosophie zu interessiren. In die Anthropologie des jüngeren Fichte habe ich nur ein kurzes Stück hineingelesen; ich fand viel interessantes darin, aber im Ganzen machte mir das Buch doch nur den Eindruck einer Reihe von wahrscheinlichen, aber unbegründeten Hypothesen, so dass ich es liegen liess, da ich sah, dass man sich aus seinen anderen Schriften erst die Begründung würde suchen müssen. Auch scheint mir der jüngere Fichte nicht frei zu sein von dem Fehler, welcher an der seit Hegel und Schelling eingetretenen Missachtung der Philosophie Schuld ist, dass er nämlich eine Menge Sachen in den Kreis der Betrachtung zieht, über die er glaubt, absprechen zu müssen, welche gar nicht in die Philosophie gehören, welche entweder den Erfahrungswissenschaften anheimfallen, oder dem Gebiete des reinen religiösen Glaubens. Die Philosophie hat ihre grosse Bedeutung in dem Kreise der Wissenschaften als Lehre von den Wissensquellen und den Thätigkeiten des Wissens, in dem Sinne, wie Kant, und soweit ich ihn verstanden habe, der ältere Fichte sie genommen haben. Hegel wollte aber durch sie alle anderen Wissenschaften

ersetzen, und durch sie auch finden, was dem Menschen vielleicht zu wissen verwehrt ist, und hat dadurch die Philosophie offenbar von ihrem wahren Geschäfte abgewendet, und etwas unternommen, was sie nicht leisten konnte. Der grosse Haufen der studirten Leute glaubte ihm erst, und warf nachher die Philosophie ganz weg, als er sich endlich überzeugte, dass nichts dabei herauskomme. Offenbar ist der Erfolg, den Schopenhauer jetzt hat, darin gegründet, dass er auf den alten gesunden Standpunkt von Kant zurückgekehrt ist. Ich weiss nicht, ob ich Dir geschrieben habe, dass ein Schüler Schopenhauer's, Frauenstaedt, in einer Schrift gegen den Materialismus mich als Plagiator Schopenhauer's hinstellt. Dabei handelt es sich nur um Sätze, die im Wesentlichen schon Kant hatte ....“

Aber nun ergreift der alte Freund Fichte's für diesen Partei und schreibt am 8. Februar 1857 seinem Sohne:

„.... Mir selbst scheint es immer besser zu gehen; der Druck im Kopf wird mässiger, nur das Zittern der Hand erschwert mir noch immer das Schreiben, und mit der Besserung der Augen geht es langsam, doch ist eben jetzt meine schlimmste Zeit, und ich hoffe, dass Frühling und Sommer mich rascher herstellen, und auch befähigen werden, das in meiner geistigen Ausbildung so lange Versäumte nachzuholen, und bei der Einkehr in mich selbst Manches wieder aufzufinden, was noch in den Tiefen der Seele vergessen liegt, so dass es, zur Einheit gesammelt, mir die Erkenntniss erzeugen wird, welche genügt, das Leben hienieden abzuschliessen und mich für den Tod vorzubereiten. Denn da sich mir die praktischen Kräfte versagen, so ist Selbsterkenntniss dermalen eine Hauptaufgabe. Ob dabei etwas Litterarisches herauskommen wird, warte ich ruhig ab, so sehr auch F. zu solchen Arbeiten mich antreibt.

Was nun aber das betrifft, was Du über Philosophie schreibst, so urtheilst Du doch wohl ohne gründliche Ueberlegung, und hast aus Vorurtheil, oder weil es Dich in Deinem

wissenschaftlichen Treiben stört, die Anthropologie Fichte's unterschätzt und verkannt. Schon Newton, noch mehr aber Kant, zeigt, dass es nicht bloss ein empirisches Erkennen der Natur gäbe, und wenn nicht alles andere dem Glauben zu überlassen sei, so bedarf es allerdings auch ein a priorisches objectives Erkennen. Alles Verständniss der Natur setzt zuerst eine Wechselwirkung des a priorisch Ideellen mit dem Objectiven voraus, wie alles Bewusstwerden ein Erwachen der Idee von dem Objecte zu einem Verstehen des Objects, eine Qualification desselben aus der Idee ist. Denken und Beobachten müsste stets neben einander herlaufen und sich wechselweise durchdringen, wenn ein Wissen entstehen soll, und Erkenntniss der realen Wirklichkeit. So gut wie der einsichtige Arzt die Wechselwirkung von Geist und Körper zu berücksichtigen und daraus sowohl den körperlichen wie den geistigen Zustand des Individuums zu verstehen hat, hat auch der Naturforscher die Erkenntniss der Philosophie und der Philosoph die Einsichten des Naturforschers zu berücksichtigen, wenn sie uns in ihrem einseitigen Gebiete zur gründlichen objectiven Einsicht bringen wollen. Der Fehler Schelling's und Hegel's und ihrer Schüler besteht nun eben darin, dass sie der Beobachtung entbehren und aus der einen schon die ganze Welt construiren zu können glaubten, wodurch sie höchstens als Resultat irgend eine mögliche denkbare Welt, nie aber die qualitative wirkliche Welt erhielten, die ausser den scheinbaren Formen ihrer Denkbarkeit noch einen unendlich reichen ursprünglichen und absoluten, keiner a priorischen Construction entsprechenden Inhalt enthält; so gewannen sie das Formelle der Vorstellbarkeit, aber nie den wesentlichen Inhalt, so wenig der Natur wie des Geistes, und selbst das individuelle Ich wurde ihnen zu einer reinen Formalität, ohne wesentlich realen individuellen Gehalt, dessen Unsterblichkeit ihnen ebenso gut wie den Materialisten verloren geht, die eben auch bei den allgemeinsten

chemischen und physischen Kräften stehen bleiben und aus ihnen den lebendigen Inhalt und Geist auf ihre Weise zu einer bloss formellen Erscheinungsform des chemischen Processes machen.

Dies klar gezeigt zu haben ist des jüngeren Fichte Verdienst, obgleich es schon aus dem richtigen Verständniss der Wissenschaftslehre hervorgeht. Schon dass beiden die Unsterblichkeit verloren geht, hätte sie erschrecken lassen müssen über das Resultat, und irre werden lassen an ihrer Untersuchungsart; denn der Glaube an diese ist die Basis alles Sittlichen, Schönen und Göttlichen, und darum den rohesten Völkern und Individuen eben so nothwendig wie den Gebildetsten, daher kein natürlich gesunder Mensch seiner entbehrt und er bei allen Völkern und zu allen Zeiten sich findet. Aber so wenig der Metaphysiker je einen individuellen Geist construiren kann, ebenso wenig wird Moleschott und Vogt je einen lebendigen Leib durch Chemismus darstellen, und wenn die Chemie auch noch so ungeheure Fortschritte machen sollte, Fichte hat es meiner Ueberzeugung nach mit grossem Glücke versucht, letzteren ihre Oberflächlichkeit auf ihrem eigenen Gebiete zu beweisen. Uebrigens ist er weit davon entfernt, sich in Eure Aufgaben mischen oder gar entscheiden zu wollen über die Resultate Eurer Forschungen; aber dass er sich mit diesen, wie es mir scheint, hinlänglich bekannt macht, so weit es nöthig ist, um den allgemein wissenschaftlichen Gewinn für tiefere Erkenntniss aus ihnen zu ziehen, und zu sehen, welche Früchte sich daneben für die Seelenerkenntniss aus ihnen ziehen lassen, das solltet Ihr ihnen nicht nur nicht verwehren, sondern das sollte Euch lieb sein, da es Euch ja die Prüfung durch Beobachtung durchaus nicht entzieht, sondern nur neue Aufgaben und Aussichten der Forschung eröffnet, damit sie dem geistigen und wissenschaftlichen Bedürfnisse der Zeit gründlich genüge, und neue Aussichten der Zukunft eröffne. Sein Sohn, mit dem er in innigstem

geistigen Verkehr lebt, ist ja ein geistreicher wissenschaftlicher Arzt, der dem Vater schon das Nöthigste und Wichtigste zugeführt haben wird. Auch giebt er selbst zu, dass manches Einzelne widerlegt und bei fortschreitender Naturforschung anders erscheinen könne, dass aber eben nur die Gesammtheit der Analogien entscheiden könne, und das Wesentliche: dass die Seele Princip des Körpers, nicht aber umgekehrt der Körper der Seele sei, dass die Seele nicht bloss Geist und Selbstbewusstsein sei, sondern auch materielle Kraft, dass sich überhaupt eine rein unkörperliche Existenz des Geistes nicht vorstellen lasse, sondern Geist und Materie nur gewissermassen die durch die Reflexion gesehenen Polaritäten des Realen in ihrer Einheit und Zusammensetzung bestehenden Lebens, die Seele aber vor allem Selbstbewusstsein gestaltend lebe, geistig wie körperlich, dass das Leben ja eben nur ein Selbstbewusstwerden derselben sei, obgleich sie in einem grossen Theile ihrer lebendigen Thätigkeit sich noch stets dem bewussten Willen entziehe, in ihren körperlichen Functionen, wie in ihren geistigen Instincten und Leidenschaften: das sind unumstössliche Thatsachen, die sich der etwas geschärften Beobachtung von selbst ergeben, und zugleich von der höchsten Wichtigkeit, indem sie allein die Wechselwirkung und Bestimmung zwischen Geist und Körper, die ohne sie so unerklärlich scheint, ganz von selbst ergeben. Wenn er sich nun in dem Drange, die unsterbliche Individualität der Person auch dem ungeübteren Verstande recht anschaulich zu machen, verführen lässt durch Analogie, die Vorstellung von dem jenseitigen Leben irgend wie zu veranschaulichen, und dabei die Erscheinung der Ekstase und nervösen Krankheiten, die noch so dunkel und unaufgeklärt sind, mit etwas zu grosser Gläubigkeit zu Grunde legt, so mag er unter den Schwaben eben mehr zum ängstlichen Glauben geneigt worden sein, als sich mit der Klarheit und Gesundheit seines sonstigen Wesens verträgt. Jedenfalls scheint er mir darin

Recht zu haben, dass diese sich häufenden Erscheinungen ernster von der Wissenschaft endlich geprüft werden sollten, doch hat ihn der Eifer zu weit geführt, wie er auch bescheiden in seiner Antwort, auf mein erstes, hierin ihm weitläuftig zu Leibe gehendes Schreiben einzugestehen scheint, wenigstens verspricht er bei einer zu erwartenden zweiten Auflage meine Ansichten zu berücksichtigen. Und doch hätte er sich darin auf einen unstreitig tiefsinnigen Philosophen (Chr. F. Krause, 1780 bis 1832) berufen können; auch ist es natürlich, dass die Philosophen die Erscheinungen der Natur vorzugsweise gern ergreifen, welche Aufklärung über das tiefere seelische Leben zu versprechen scheinen, Hypothesen giebt ja schon Baco als wesentliches Hilfsmittel der Naturforschung an; sie sollen eben das Experiment hervorrufen und peinlich geprüft werden. Hätte Kopernikus nicht die kühne Hypothese gemacht: die Sonne steht und die Erde geht, was wäre unsere Astronomie und unsere Vorstellung von der Natur? Sollten die Philosophen aber warten, bis die Naturforscher in allen ihren Resultaten einig, und das ganze natürliche Leben gründlich und vollständig von ihnen aufgeklärt sei — gesetzt, das wäre ohne Philosophie möglich — so möchten sie wohl in alle Ewigkeit warten müssen.

Aber Selbsterkenntniss ist das, wozu ein göttlicher Instinct den Menschen fortwährend treibt; sie ist nicht möglich ohne Erkenntniss der Natur, und so werden die Naturforscher denn schon zugeben müssen, dass sich die Philosophie ihrer Resultate, mögen sie zu einer bestimmten Zeit noch so dürftig sein, zu bemächtigen sucht, um sie für das höchste Bedürfniss der Seele, welches mit dem Glauben abzuspeisen nur ein Bild der Selbstverzweiflung ist, so gut es geht zu verbrauchen. Und dafür werden einzig die Naturforscher ihr nur dankbar sein können. Denn mag auch die isolirte Naturforschung manchen zufälligen, äusserlich nachzuweisendenNutzen stiften können, einen wissenschaftlichen Fortschritt, ja selbst eine

sichere und tiefere Einwirkung auf das Leben wird sie nur in der Begleitung der Philosophie gewinnen, da eben die gestaltende Kraft schon der reine Gedanke ist, und das geistige, wie überhaupt jede neu durchbrechende Idee allemal neue Sphären und Aufgaben, bei Beobachtung unter einem neuen Lichte des Gedankens, eröffnet; welche ganz anderen Fragen hat heutzutage der Gelehrte an die Sprachen, die Geschichte, die alten Schriftsteller zu stellen als der frühere, seitdem man die Idee der Sprache, des Alterthums, der Geschichte, der Kunst, der Religion an die Stoffsphären derselben gestellt hat, und wie so untergeordnet erscheint dagegen, was früherer Fleiss geleistet hat, und Ihr wollt Euch mit Eurer materiellen Untersuchung feindlich den Forderungen der Ideen gegenüberstellen und Euch durch sie, wie Ihr meint, in Eurer reinen Objectivität nicht stören lassen? Das wäre ein Unglück für die Wissenschaft und für das Leben, wenn Ihr in dieser Eurer dicken Sinnlichkeit Euch verhärtetet, wegen zeitweisen Missbrauchs und einiger Verirrung, die das Wesen nicht angehen. So hättest Du immer, wenn auch nicht den historischen, doch den philosophisch-psychologischen Theil durchlesen sollen, und Du würdest manche wichtige und anregende Anfrage an Deine Forschung darin gefunden haben. Wenn aber ein Philosoph wie Schopenhauer, der zu Resultaten kommt wie — „Liebe ist ein erweiterter und vertiefter Egoismus, sie will ihr Ich noch einmal“, „dem Boshaften ist die Bosheit angeboren, wie der Schlange ihr Gift und so wenig, wie sie, kann er es ändern“, „eine Besserung des Characters durch Moral ist nicht möglich, noch giebt es einen stetigen Fortschritt zum Guten“, „das Gewissen besteht in der immer vollständigeren Kenntniss von uns selbst, aus dieser erwächst Zufriedenheit oder Unzufriedenheit mit dem, was wir sind, je nachdem Egoismus, Bosheit oder Mitleid in unseren Thaten vorgewaltet hat“, „Freiheit giebt es nicht, sondern nur Nothwendigkeit der Selbstbestimmung. Ich kann thun,

was ich will, heisst nur, ich kann den innerlichen Impuls ausführen, der jenseits des Selbstbewusstseins liegt, wenn ich nicht von aussen daran gehindert werde“ u. s. w. — Euch für einen scharfen Beobachter gilt, der auf den gesunden Standpunkt von Kant zurückführe, so weiss ich nicht, was ich von Euch Rheinländern denken soll. Aufsehen will er endlich in seinem hohen Alter machen (er muss wenigstens nahe der 70 sein), und da er bei den Philosophen so schlechte Aufnahme findet, will er es wenigstens bei dem Zeitungspublicum und den für Sonderlinge so geneigten Engländern erregen. Dass Du des Plagiats von seinem Jünger beschuldigt wirst, darüber habe ich Dir selbst weitläuftig geschrieben.“

Helmholtz erwidert seinem Vater am 4. März pietätvoll und bescheiden:

„Der Gesichtspunkt, von welchem aus Du das Fichtesche Buch über Anthropologie betrachtest, ist mir sehr interessant, ich habe diese Betrachtungsweise allerdings nicht an das Buch angelegt. Mit den Grundsätzen über das Philosophiren, die Du dabei aussprichst, stimme ich ganz überein, und wenn ich das Buch auch nur als einen etwas gelungenen Versuch betrachten darf, diese Grundsätze durchzuführen, so will ich es mir gelegentlich, wenn ich Zeit finde, wieder vornehmen, und mich nicht durch einzelne Willkürlichkeiten in der Ausführung wieder abschrecken lassen. Wir mathematischen Naturforscher sind zu einer sehr ängstlichen Genauigkeit in der Prüfung der Thatsachen und Schlussfolgen disciplinirt und zwingen uns gegenseitig, unsere Gedankensprünge in den Hypothesen, mit denen wir das noch unerforschte Terrain zu sondiren suchen, sehr kurz und knapp zu machen, so dass wir eine vielleicht zu grosse Furcht vor einer kühneren Benutzung der wissenschaftlichen Thatsachen haben, die bei anderen Gelegenheiten doch berechtigt sein kann.

Es scheint mir aus Deinem Briefe hervorzugehen, als

wenn Du einen gewissen Verdacht hättest, ich könnte ein Anhänger der trivialen Tiraden von Vogt und Moleschott sein. Nicht im Entferntesten. Ich muss auch entschieden dagegen protestiren, dass Du diese beiden Leute als Repräsentanten der Naturforschung betrachtest. Keiner von beiden hat bis jetzt durch wissenschaftliche Specialforschungen erwiesen, dass er die Achtung vor den Facten und die Besonnenheit in den Schlussfolgerungen sich zu eigen gemacht habe, welche durch die Schule der Naturforschung erlangt werden. Ein besonnener Naturforscher weiss sehr wohl, dass er dadurch, dass er etwas tiefer in das verwickelte Treiben der Naturprocesse Einblick gewonnen hat, noch nicht die Spur mehr berechtigt ist, über die Natur der Seele abzusprechen als jeder andere Mensch. Ich glaube deshalb auch nicht, dass Du Recht hast, wenn Du die grössere Zahl der besonnenen Naturforscher als Feinde der Philosophie bezeichnest. Indifferent ist allerdings der grössere Theil geworden, die Schuld davon sehe ich aber allein in den Ausschweifungen von Hegel's und Schelling's Philosophie, welche Leute ihnen allerdings als Repräsentanten aller Philosophie hingestellt wurden. Aber Lotze hat z. B. einen ziemlich ausgebreiteten Kreis von Freunden unter den Naturforschern. Ich selbst freilich kann an dem keinen Gefallen finden. Er ist mir nicht scharf und streng genug. Ich selbst fühle sehr lebhaft das Bedürfniss einer specielleren Durcharbeitung gewisser Fragen, an welche aber, so viel ich weiss, kein neuerer Philosoph sich gemacht hat, und die ganz auf dem von Kant in seinen Umrissen erforschten Felde der a priorischen Begriffe liegen, so z. B. die Ableitung der geometrischen und mechanischen Grundsätze, der Grund, warum wir das Reale in zwei Abstractionen, Materie und Kraft, logisch auflösen müssen u. s. w., dann wieder die Gesetze der unbewussten Analogieschlüsse, durch welche wir von den sinnlichen Empfindungen zu den sinnlichen Wahrnehmungen gelangen

und anderes. Ich sehe sehr wohl ein, dass dergleichen nur durch philosophische Untersuchungen gelöst werden kann, und wirklich durch solche lösbar ist, und fühle deshalb das Bedürfniss weitergehender philosophischer Erkenntniss. Schopenhauer gebe ich Dir ganz Preis; was ich selbst bisher von ihm gelesen habe, hat mir gründlich missfallen. Du hattest übrigens in Deinem letzten Briefe nichts über mein angebliches Plagiat an ihn erwähnt, sondern in einem früheren Briefe aus dem September, und da ich in mehreren Briefen an Andere und von Anderen die Sache selbst erwähnt und erwähnt gefunden hatte, so war ich nicht sicher, ob sie zwischen uns Beiden zur Sprache gekommen sei.“

Kaum hatte sich nun Helmholtz in die Bonner Verhältnisse eingelebt, als bereits wieder Versuche gemacht wurden, ihn in einen neuen Wirkungskreis überzuführen. Im April 1857 theilte ihm Bunsen mit, „dass das Badensche Ministerium Willens sei, bedeutende Opfer zu bringen, um einen ordentlichen Physiologen nach Heidelberg zu ziehen“; die Auswahl der Candidaten sei lauter physikalisches Vollblut: Brücke, Ludwig, du Bois, Helmholtz; die Facultät würde wohl die beiden letzten vorschlagen, und er bitte als Mitglied des Senats Helmholtz um Auskunft über seine jetzige Stellung und die Bedingungen, die er bei einer Berufung nach Heidelberg stellen würde. In der Antwort vom 16. Mai 1857 erklärte dieser, dass er für den Augenblick eine gewisse Verpflichtung persönlicher Dankbarkeit gegen das preussische Ministerium hätte, welches ihn um der Gesundheit seiner Frau willen hierher versetzt habe, und die Bonner Zustände seien im Augenblicke noch zu unentwickelt, als dass ihn das viele Mangelhafte darin für den Augenblick berechtigte, sich über jene Rücksicht fortzusetzen.

„Schliesslich muss ich noch bemerken, dass du Bois-Reymond wahrscheinlich sehr gern und unter mässigen

Bedingungen nach Heidelberg geht. Derselbe hat sich bei Gelegenheit meiner Versetzung nach Bonn äusserst rücksichtsvoll gegen mich verhalten, insofern er selbst wohl eine Zeit lang Lust hatte herzugehen, und es auch durch Humboldt durchgesetzt haben würde. Humboldt erklärte mir damals, er würde mein Gesuch nur dann unterstützen, wenn du Bois sich nicht bewerben wolle; darauf erklärte dieser, dass er auf die Bewerbung verzichte. Da ich nun glaube, dass für du Bois ein anständiger Wirkungskreis als Professor ord. viel wünschenswerther ist, als eine Verbesserung meiner eigenen Lage, so muss ich auf ihn die gleiche Rücksicht nehmen. Ich möchte Sie also bitten zu bewirken, dass erst du Bois gefragt wird, weil ich für den Fall, dass er entschieden wünschen sollte, nach Heidelberg zu gehen, ihm nicht hinderlich zu sein entschlossen bin."

Er theilt am 18. Mai du Bois den Inhalt des an Bunsen gerichteten Schreibens mit, klagte über die Aussichtslosigkeit auf den Bau eines Anatomiegebäudes und über die Verhältnisse in der Facultät: „Busch und ich sind der compacten Reactionspartei gegenüber machtlos und widerstreben vergebens dem Systeme wissenschaftlicher Polizei, welches hier namentlich gegen die concurrirenden Privatdocenten geübt wird. Auch der Studienplan der Mediciner ist gründlich verfahren . . . . . Es bleibt hier nichts übrig, als dass man sich entschliesst, die Welt laufen zu lassen, wie sie läuft; dann kann ich ein ausreichendes Einkommen in der reizenden Umgebung behaglich verzehren, und mir auch Zeit zum Arbeiten verschaffen." Als du Bois am 24. Mai Helmholtz mittheilte, dass er fest entschlossen sei, nach Heidelberg zu gehen, wenn ihm nicht in Berlin nach allen Richtungen hin befriedigende Anerbietungen gemacht würden, konnte ihm Helmholtz schon am 26. Mai melden, dass der Prodecan der medicinischen Facultät in Heidelberg bei ihm gewesen sei, um mit ihm wegen Uebernahme der physiologischen Professur zu verhandeln, dass

er ihm jedoch dieselbe Antwort wie Bunsen gegeben habe.

Zugleich machte er du Bois aber auch eine interessante wissenschaftliche Mittheilung, aus welcher wir entnehmen können, dass er schon in dieser Zeit mit den erst 13 Jahre später veröffentlichten elektrodynamischen Untersuchungen beschäftigt gewesen ist, indem er hinzufügt:

„Weber's Grundgesetz kann kein definitives Grundgesetz sein; für geschlossene Leiter stimmt es mit Neumann's Gesetzen und der Wirklichkeit. Für ungeschlossene Ströme differirt es mit Neumann's Gesetzen, welche letztere dem Princip der Erhaltung der Kraft genügen, aber es fehlt die Entscheidung durch den Versuch, die auch sehr schwer zu gewinnen sein wird."

Am 20. Juni benachrichtigt Kirchhoff seinen alten Freund Helmholtz, dass derselbe allein von der Facultät vorgeschlagen sei, und bittet ihn, falls er den Ruf ablehnen sollte, sich für die Berufung du Bois' beim Minister auszusprechen. Am 14. Juli konnte Helmholtz du Bois benachrichtigen, dass, nachdem er in einem ausführlichen Berichte Johannes Schulze die Sachlage dargestellt, ihm das Preussische Ministerium ausser einer Gehaltszulage von 400 Thalern eine erneute Zusicherung für den Neubau der Anatomie gegeben, und er in Folge dessen nach Heidelberg angezeigt habe, dass er definitiv entschlossen sei, in Bonn zu bleiben.

Helmholtz wurde noch im Juli durch den Besuch seines Vaters und seiner Schwester Julie erfreut. Er musste es nur bedauern, dass sich die Hoffnung seines alten Vaters, mit seinem Freunde Fichte zusammenzukommen, nicht erfüllen sollte; ein schweres Unglück, welches dessen Sohn getroffen, verhinderte das Wiedersehen der Freunde in Bonn. Helmholtz machte sodann eine mehrwöchentliche Reise in die Schweiz, deren äussersten Punkt der Gorner Grat bildete. Wieder sendet er seiner Frau schöne und enthusiastische

Schilderungen, kehrte jedoch bereits am Ende des August wieder nach Bonn zurück, um die nöthigen Vorbereitungen zu der Ende September dort tagenden Naturforscherversammlung zu treffen, über deren Verlauf er seinem Vater auf dessen Wunsch am 3. October berichtet:

„ . . . . . Bis vorgestern ist es bei uns immer noch etwas unruhig zugegangen. Von Eurer Abreise ab sind fortdauernd Fremde hier gewesen, die uns mehr oder weniger in Beschlag nahmen, und uns nicht zur Besinnung kommen liessen. Die Naturforscherversammlung selbst war sehr besucht (gegen 1000 Mitglieder), es war eine Menge von interessanten und bedeutenden Leuten hier, — wenn auch die bedeutendsten meist fehlten — mehr, als man verbrauchen konnte, so dass ich manchen, mit dem ich gern verkehrt hätte, kaum gesehen habe. So war die Versammlung wohl sehr interessant, aber auch eine wahre Hetzjagd für mich, obgleich ich von den meisten Vergnügungspartien zurückgeblieben bin. Auch Olga war ganz angegriffen, weil sie in meiner Abwesenheit eine Menge Besuche abgefangen hatte, die sich drängten. Von unseren Stuben waren nur zwei besetzt; es wohnten bei uns Professor Dove aus Berlin und v. Wittich aus Königsberg. Beide waren aber ebenso wie ich fast den ganzen Tag aus. Wittich und ich assen meist zu Hause. Bei der geistigen Anstrengung hätte ich grosse Gastmähler nicht aushalten können. Gleich das erste, das ich mitmachte, machte mich für den folgenden Tag caput. So ist bei uns also nicht viel getafelt worden, nur einen Abend hatten wir zum Thee einige Herren bei uns. Aber vor und nach der Versammlung haben wir allerdings viel Kaffee und Thee ausgeschenkt an die Vor- und Nachläufer.

Ich selbst habe in einer gemeinsamen Sitzung in der Reitbahn einen Vortrag über das Telestereoskop gehalten, und hatte zwei solche Instrumente verschiedener Art erst im Saale, nachher in der Anatomie, zuletzt in meiner

Wohnung aufgestellt, und hatte viel zu thun, um die Leute, die es sehen wollten, alle dazu anzuleiten. In der anatomischen Section, die recht gut zusammengesetzt war und stark besucht wurde, habe ich Versuche mit dem Myographion über Zeitmessung an den Nerven ausgeführt und erklärt, weil diese Versuche noch wenig gesehen und wiederholt sind. Dann habe ich einen kürzeren Vortrag über Bewegung der Gehörknöchelchen mit Vorzeigung besonderer Präparate ebenda gehalten. In der physikalischen Section habe ich über Combinationstöne gesprochen. Ausserdem habe ich mich an der Debatte wegen der Geldverwendung betheiligt, wobei ich freilich in der Minorität blieb, wie Du aus den Zeitungen schon ersehen hast, aber meine Minorität besass desto mehr Autorität. Auch hatte ich eine unerwartete Genugthuung. Unmittelbar nachher bekam ich aus München einen Brief im Auftrage des Königs von Bayern, welcher gewillt ist, jährlich eine beträchtliche Summe genau zu dem Zwecke zu verwenden, den ich der Naturforscherversammlung vorgeschlagen hatte, nämlich Geld zu geben für wissenschaftliche Untersuchungen, welche die Kräfte von Privatpersonen übersteigen, und welcher Vorschläge über dessen Verwendung zu haben wünscht. Von den Vergnügungspartien habe ich allein nur die Fahrt nach Coblenz und mit Olga das Concert mitgemacht. Die erstere Fahrt war vom Wetter sehr begünstigt, und die Beleuchtung der Apollinariskirche machte sich wunderschön. Der Prinzessin von Preussen bin ich auch als Erfinder des Augenspiegels vorgestellt worden, worüber sie einige huldvolle Bemerkungen machte. Uebrigens war bei allen diesen Partien ein furchtbares Gedränge und grosse Noth, etwas zu essen zu erhalten. Das Concert, welches die Stadt Bonn gab, war die Perle der Festlichkeiten. Es wurden nur Beethoven'sche Sachen aufgeführt."

Die allgemein interessanten akustischen Untersuchungen waren auch zur Kenntniss des Königs von Bayern gelangt,

und Helmholtz erhielt die Aufforderung, einen kurzen Bericht über die Resultate seiner Forschungen auf dem Gebiete der Tonlehre zum Zwecke der Kenntnissnahme von Seiten des Königs zu verfassen. Am 7. Februar 1858 war ihm ein Schreiben des bayerischen Ministers v. Zweel zugegangen:

„Ew. Hochwohlgeboren schätzbares Schreiben vom 25. v. M. habe ich zu empfangen die Ehre gehabt und den Inhalt desselben bereits auch zur Allerhöchsten Kenntniss Sr. Majestät des Königs gebracht. Da sich Allerhöchstderselbe für Ihre merkwürdigen Untersuchungen interessiren, so wäre es mir sehr angenehm, wenn mir Ew. Hochwohlgeboren über den Fortgang derselben von Zeit zu Zeit, etwa von drei zu drei Monaten eine, wenn auch ganz kurze Mittheilung machen würden. Ich würde sodann diese Relationen meinem allergnädigsten König und Herrn zur Allerhöchsten Einsicht vorlegen. Indem ich um thunlichste Berücksichtigung dieses Wunsches bitte, benutze ich . . . . .“

Und bereits am 15. April 1858 schreibt Helmholtz an du Bois:

„Auf Kosten des Königs von Bayern habe ich mir jetzt einen complicirten Apparat zusammengebaut, um Stimmgabelschwingungen durch Elektromagnetismus nach Willkür zu dirigiren, Intensität und Phasenunterschiede vollständig zu beherrschen, und will damit Klangfarben zusammensetzen.“

Die Bewilligung des Königs für diesen Apparat betrug 400 Gulden.

Nachdem er im Wintersemester seine Vorlesungen und wissenschaftlichen Arbeiten wieder aufgenommen, wandte sich Bunsen am 15. December 1857 nochmals mit der Mittheilung an ihn, dass der badische Ministerialreferent in Universitätssachen die Hoffnung noch immer nicht ganz aufgegeben habe, Helmholtz für Heidelberg zu gewinnen, da der Neubau des Instituts in Bonn wiederum verschoben, und somit ein Theil der Gründe seiner Ablehnung weg-

gefallen zu sein scheint, und dass derselbe deshalb bisher auf alle Schritte zu einer anderweitigen Besetzung verzichtet habe; die inzwischen vorgerückte Zeit mache aber eine Gewissheit sehr wünschenswerth, und er frage ihn in dessen Auftrage an, ob das Ministerium in erneute Unterhandlungen mit ihm treten dürfe. Bunsen hebt die grosse Bedeutung seiner Berufung für die Heidelberger Universität hervor und macht in Betreff des Neubaues des Bonner Laboratoriums seine eigenen Erfahrungen in Breslau geltend.

Helmholtz berichtet mit Bezug hierauf am 19. December seinem Vater: „dass die Heidelberger wieder mit mir Unterhandlungen angeknüpft haben, werde ich Dir geschrieben haben; sie sind noch in Schwebe, da ich wegen des Neubaues der Anatomie keine genügende Zusicherung bisher habe erhalten können.“ Und sein Vater räth ihm dringend, nach Heidelberg zu gehen:

„Für Dein wissenschaftliches Leben und die Befriedigung in Deinem Amte öffnen sich offenbar in Heidelberg ganz andere Aussichten als in Bonn; auch kann selbst die Beschränkung auf die Physiologie dort Deiner eigentlichen wissenschaftlichen Aufgabe nur förderlich sein; Deine Verpflichtungen gegen den Staat werden aber bei Deiner Lebensstellung von denen gegen die Wissenschaft überboten.“

So nahm nun Helmholtz den Ruf nach Heidelberg an; am 27. Februar 1858 schreibt ihm Kirchhoff: „Ganz Heidelberg jubelt darüber, dass Sie herkommen, und ich hoffe sicher, dass auch Sie Sich hier behagen werden“; und Bunsen meldet am 28. Februar: „Eine recht arge Verbrennung der rechten Hand lässt mich nur mit Mühe die Feder führen, so dass ich Ihnen nur mit zwei Worten sagen kann, wie sehr wir uns alle freuen, dass Sie kommen.“ Schon am 5. März konnte Helmholtz du Bois anzeigen, dass er soeben sein Abschiedsgesuch an Raumer gerichtet habe, da nach seiner ersten Ablehnung des Rufes nach Heidelberg der Senat und Minister es nicht mehr für nöthig

erachtet hätten, irgend etwas für ihn zu thun und die gegebenen Versprechungen zu halten. Noch an demselben Tage schreibt er seinem Vater:

„. . . . Endlich ist es so weit gekommen, dass ich die Berufung nach Heidelberg angenommen habe. Ich habe heute schon mein Entlassungsgesuch an den Minister v. Raumer eingereicht. Die Verhandlungen über den Neubau der Anatomie sind erst im Preussischen Ministerium ganz ohne Grund vier Monate liegen geblieben, endlich ist wieder eine unbestimmte, verschiebende Antwort gekommen, und die Stimmung des akademischen Senats, welcher durch Verkauf einiger der Universität gehöriger Grundstücke einen Theil der Kosten decken soll, ist ganz unzuverlässig, so dass jetzt allerdings eine gewisse Wahrscheinlichkeit für den Bau der Anatomie vorliegt, aber keinerlei Sicherheit. Dagegen erhalte ich in Heidelberg eine für meine wissenschaftliche Thätigkeit in jeder Beziehung bequeme Stellung. Ich war in der Fastnachtszeit, wo hier am Rhein einige Tage Ferien gemacht werden müssen, selbst in Heidelberg, um mir die Gelegenheiten anzusehen, und schliesslich auch in Carlsruhe. Die vorhandenen älteren Localien in Heidelberg waren nicht zu gebrauchen, ich musste den Neubau eines physiologischen Instituts fordern, worauf der Minister indessen ohne grosse Schwierigkeiten einging.“ Hocherfreut antwortet ihm der Vater am 9. März:

„. . . . Ich freue mich Deines grossen Glückes, dass Du Dir einen Ruf erwerben konntest, der Dir in so jungen Jahren, noch dazu in dem Gelehrtenberuf, eine so seltene und ausgezeichnete Stellung verschafft. Ich habe Dir schon früher geschrieben, dass meiner Ueberzeugung nach Dir die Stellung in Heidelberg in jeder Beziehung vortheilhafter sein wird, als die in Bonn, wo mir der Geist der gelehrten Herren wenig und lange nicht so wie in Königsberg gefallen hat. Die Nähe des Hofes und der vornehmen Welt ist einmal der Gelehrtenwelt nicht günstig, die durch ihre

Versenkung in die Wissenschaft zu sehr zum Idealisiren geneigt und zu wenig welterfahren ist; so lassen sie sich nur zu leicht von dem Glanze des Scheines verblenden. Wenn mich also dieser Theil Deines Briefes mit Freude und Stolz erfüllt hat, so würde mich sein zweiter Inhalt, die Krankheit Deiner theuren Olga, noch mehr betrüben, wenn ich nicht des Amasis gedächte, der des Falles des Polykrates gewiss war, weil die Götter ihm bis dahin ein ungetrübtes Glück gegönnt hatten. Wen Gott liebt, den prüft er; ein ungetrübtes so grosses Glück macht uns fast unvermeidlich übermüthig; und so mag denn auch Deine liebe Olga in ihren Schmerzen der vielen Gnade gedenken, die ihr Gott in der Liebe und Ehre ihres Mannes, in ihrer Mutter, in ihren holden Kinderchen und in der glücklichen Lage geschenkt hat, und geduldig die Prüfung hinnehmen, um durch ihr standhaftes Ertragen sich des ihr geschenkten Glückes immer würdiger zu zeigen. Die ersten warmen Sommerlüfte werden sie gewiss von ihrem Leiden befreien, die hoffentlich in dem so viel südlicher gelegenen und darum sicher milderen Heidelberg und seinen sonnigen Thälern, da ja in der Nähe alle die berühmten Heilörter liegen, nicht wiederkehren werden. Dir bleibt freilich nun für die Zukunft die erhöhtere Aufgabe, Deinem grossen Rufe zu genügen und dadurch den Neid über Dein Glück zu besiegen."

Nachdem aber Helmholtz noch bis in den April hinein seine Entlassung aus dem preussischen Staatsdienste nicht erhalten, musste er seine Uebersiedelung nach Heidelberg auf den Herbst verschieben. Da traf am 28. April, nachdem er eben von einem Besuche bei Donders in Utrecht zurückgekehrt war, ein Schreiben du Bois' bei ihm ein, welches ihm den Tod von Johannes Müller meldete, und zugleich aus guter Quelle die Mittheilung brachte, dass der Prinz von Preussen in scharfen Ausdrücken Bericht über die Gründe des Abganges von Helmholtz gefordert und die

Absicht ausgesprochen habe, sich persönlich nach Baden hin zu verwenden, um Helmholtz dort seines Contractes entbinden und ihm zu neuen Verhandlungen mit der diesseitigen Regierung Raum geben zu lassen. Du Bois schrieb diese Wendung dem Einflusse von Curtius zu. Am 21. Juni meldet Helmholtz seinem Freunde Donders:

„Ich weiss noch nicht, ob Sie uns hier oder in Heidelberg treffen werden. Mit uns ist noch Alles ungewiss. Der Prinz von Preussen, welcher gegenwärtig die Regierung führt, hatte sich schon bei einigen Gelegenheiten sehr missbilligend über die Art geäussert, wie in der Verwaltung der preussischen Universitäten die wissenschaftlichen Rücksichten den kirchlichen und politischen nachgesetzt worden sind, als ihm mein Entlassungsgesuch vorgelegt wurde. Er nahm die Gelegenheit wahr, sich noch einmal darüber gegen den Minister zu expectoriren und bot an, die Sache durch seine eigene Vermittelung beim Grossherzog von Baden rückgängig zu machen. Der Minister soll anfangs nicht haben darauf eingehen wollen, weil in diesem Verfahren ein Vorwurf gegen ihn selbst lag. Schliesslich aber, als J. Müller gestorben war, und nun Noth an geeigneten Candidaten eintrat, kam an mich vom Ministerium die Anfrage, ob ich nicht unter den mir in Heidelberg gebotenen Bedingungen hier bleiben wollte.“

Nun begannen jene Verhandlungen, die aus Unkenntniss oder Missgunst so häufig eine falsche Beurtheilung gefunden und von denen Helmholtz selbst in einem an seinen Vater am 23. Juli gerichteten Schreiben, genau übereinstimmend mit den an du Bois darüber gesandten Berichten, die nachfolgende Darstellung giebt:

„ . . . . . Wir sind jetzt endlich so weit, dass eine Wohnung in Heidelberg gemiethet ist und wir uns darauf vorbereiten können, zum Anfang des September hinüber zu ziehen. Von den zu Pfingsten wieder begonnenen Unterhandlungen hat Olga Euch geschrieben. Wie ich jetzt aus guter Quelle weiss, waren sie wirklich durch den Wunsch

des Prinzen von Preussen veranlasst, was aber damals mir gegenüber durchaus abgeleugnet worden ist. Ich hatte der Badischen Regierung einmal zugesagt, die Stelle in Heidelberg zu übernehmen, sehr drängende Interessen, um Bonn vorzuziehen, hatte ich durchaus nicht; wenn es auch im Allgemeinen mein Grundsatz ist, da zu bleiben, wo es mir in vielen Beziehungen gut geht, und nicht das Bekannte und Erträgliche leicht mit Unbekanntem von lockenderem Anschein zu vertauschen, wenn überdies Olga's Kränklichkeit eine Vermeidung des Umzuges wünschen liess, auch vielleicht die pecuniären Einnahmen sich hier, wenigstens anfangs, grösser gestellt hätten, als in Heidelberg, so musste ich mir doch sagen, dass es den Leuten dort offenbar darum zu thun sei, alles anzuwenden, was zur Beförderung des wissenschaftlichen Gedeihens der mir angebotenen Stellung nöthig ist, während man mir in Preussen aus persönlichen Rücksichten jetzt, was ich wünschte, versprochen, und das Versprochene nachher auch wohl dem Wortsinne nach ausgeführt haben würde, was sich aber später noch etwa als nothwendig herausgestellt hätte, mir wäre verweigert worden, wie jetzt Alles hier für die Universität nöthige abgeschlagen wird. Ich hatte also gar keinen Grund, die Kohlen aus dem Feuer zu holen, und mich der Preussischen Regierung zu Liebe vor der Badischen zu compromittiren.

Anfangs suchte man mich dahin zu drängen, mein Wort einfach zu brechen, und erzählte mir eine Menge Geschichten von Professoren, die ihr Wort gebrochen hätten. Ich antwortete darauf etwas scharf und entschieden ablehnend. Nachher sollte ich den Antrag bei der Preussischen Regierung stellen, sie möchte mein Gesuch, von dem gegebenen Worte loszukommen, bei der Badischen unterstützen; es wurde mir eine in diesem Sinne abgefasste Erklärung vorgelegt, die ich gleich auf der Stelle unterschreiben sollte, weil sie nach Berlin telegraphirt werden müsse, und die höchste Eile — welche sich nachher als

fingirt erwies — nöthig sei. Ich wies dies zurück, und machte eine andere Erklärung, die ich unterschrieb, aus welcher Alles, was sich auf persönliche Wünsche bezog, weggelassen war, und es ganz der Regierung zugeschoben war, in Baden zu erwirken, dass ich meines Wortes entbunden werde. Dann, erklärte ich, wäre ich bereit, in Bonn zu bleiben. Ich setzte dabei deutlich und ausführlich meinen Standpunkt aus einander. Ich glaubte eigentlich nicht, dass man daraufhin Lust haben würde, zu unterhandeln, und äusserte auch ganz offen meine Meinung, dass ich nicht wüsste, warum die Badenser nachgeben sollten; aber unsere preussischen Beamten haben eine viel zu hohe Meinung von der Grösse ihres Ministers, als dass sie glauben könnten, ein kleinerer deutscher Staat würde sich nicht sogleich seinen Wünschen fügen.

Nachdem die mündlichen Verhandlungen vorüber waren, erwartete ich, dass ich aufgefordert werden würde, schriftlich meine Forderungen auszusprechen; dabei wollte ich noch einmal dem Minister gegenüber auseinandersetzen, wie ich mich zu den Verhandlungen verhalten müsste; aber zu meiner Verwunderung geschah nichts dergleichen.

Ich musste nun nach Heidelberg hin anzeigen, dass ich nicht, wie verabredet, in den Pfingstferien kommen könne, um die Einrichtung des provisorischen physiologischen Instituts zu besprechen. Gleichsam als Antwort darauf erhielt ich mein Anstellungspatent, welches ich eigentlich erst nach erhaltenem Abschied bekommen sollte, und durch dessen unbedingte Annahme ich auch juristisch gebunden gewesen wäre. Ich schrieb also an den Badischen Minister von Stengel und benachrichtigte ihn kurz von den inzwischen erfolgten Verhandlungen, wobei ich natürlich nicht Grund hatte, das zu verschweigen, was in der von mir eingenommenen Stellung für Baden günstig war. Ich sprach aus, dass ich das gegebene Wort halten würde, wenn die dortige Regierung darauf Werth lege, auch dass ich es

nicht für schicklich befunden hätte, meine eigenen Privatwünsche bei der Verhandlung geltend zu machen.

Nun scheint man von preussischer Seite die Sache so dargestellt zu haben, als hätte ich die Regierung angefleht, mich loszumachen, worauf die Badenser, sich auf meinen Brief berufend, wieder ihrerseits betont haben, dass ich entschlossen zu sein schiene, unter allen Umständen nach Heidelberg zu kommen, und das Ansinnen der Preussischen Regierung abschlugen. Auch scheint der Minister v. Raumer von den mit mir geführten mündlichen Unterhandlungen ein nicht ganz richtiges Bild gehabt zu haben, denn ich erhielt einen Brief, worin er mich aufforderte, zu erklären, wie das in der Badischen Antwort angegebene mit meiner früheren schriftlichen Erklärung stimmte. Glücklicherweise konnte ich ihm noch eine genaue Abschrift meines Briefes an Herrn v. Stengel schicken, und setzte ihm nun genau aus einander, was ich früher hier bei der mündlichen Verhandlung auseinandergesetzt habe. Ein solches Factum, wie die Abänderung der oben erwähnten schriftlichen Erklärung, wodurch meine ganze Stellung der Hauptsache nach festgestellt ist, kann man mir zum Glück nicht ableugnen. Uebrigens bat ich schliesslich noch einmal um meinen Abschied, weil es mich schwer ärgerte, dass ich als Dank für meine Nachgiebigkeit gegen die vaterländische Regierung solche Verdächtigungen einerntete.

Nachdem ich hierauf 14 Tage lang keine Antwort erhalten hatte, und von Heidelberg aus gedrängt wurde, mir eine Wohnung zu miethen, fragte ich bei J. Schulze an, und bat ihn, mich wissen zu lassen, ob der Minister noch unterhandeln wolle mit Baden. Ich erhielt in einem freundlich geschriebenen Briefe die Antwort, dass dies aufgegeben sei, und mein Abschiedsgesuch im Cabinet liege.

Darauf hin habe ich denn eine Wohnung an der Promenade in Heidelberg gemiethet, freundlich in der Nähe des Bahnhofes gelegen, mit freier Aussicht auf die Berge,

mit Gärtchen, Parterre, hübsch eingerichtet, freilich nicht so gross wie unsere jetzige."

So musste sich denn Helmholtz schon nach dreijähriger Wirksamkeit von Bonn lossagen.

„Diese drei Jahre", so sagt seine Schwägerin, „waren eine Fortsetzung des Königsberger Anfangs in Ehe und Leben, nur dass die äusseren Verhältnisse ein breiteres Sichausleben gestatteten, und dass die unbeschreiblich reizende Natur der Landschaft einen ganz besonders poesievollen Hintergrund für das Thun und Treiben der Tage bildete. Auch entwickelten sich die beiden Kinder lebendig und eigenthümlich, und Helmholtz war ein überaus liebevoller Vater. Freunde und geselligen Verkehr gab es in Fülle. Ich nenne nur die Familien Heine, Busch, Naumann, Otto Jahn, den Mozart-Biographen, den alten Arndt, der besonders Olga lieb hatte, den Chirurgen Weber, englische Familien und vorübergehend, aber höchst bedeutsam, Professor Donders aus Utrecht, der ein warmer Freund der Gatten wurde. Die hohe Terrasse am Rhein mit dem Blick auf den Drachenfels, wo Helmholtz's in der alten Vinea Domini wohnten, hat viel frohe und kluge Menschen versammelt gesehen, und wenn der Garten Donders zu Ehren mit farbigen Lampen illuminirt wurde, und die Kinder dazu glückselig umhersprangen, da war man erfreut bei dem Anblick dieses sonnigen Familienglückes."

„Unauslöschlich", schreibt Frau Geheimrath Busch, eine Tochter Mitscherlich's und die Frau des mit Helmholtz eng befreundeten Chirurgen, „steht noch jetzt nach 40 Jahren der geistreiche Kopf vor meinen Augen mit dem klaren, tiefen Blick, mit seinem klassisch ruhigen, würdigen Ausdruck. Er war meist heiter und theilnehmend, ja auch schalkhaft und hatte eine grosse Freude an Leseabenden mit vertheilten Rollen, bei welchen er mit Vorliebe in Shakespeare oder anderen klassischen Stücken Charakterrollen übernahm. Es war ein fester kleiner Kreis, bei

welchem das Helmholtz'sche Ehepaar den Vorsitz übernahm; der Universitätsrichter Wildenow und Frau, wir beide und ausserdem zwei jüngere Herren Prof. Otto Weber und Dr. med. Carl Binz bildeten die vergnügte Runde. Wohl konnte Helmholtz manches Mal still und in Gedanken versenkt sein, ich habe ihn aber nie verstimmt oder unfreundlich gesehen."

Das letzte Jahr des Bonner Aufenthaltes hatte noch eine Reihe wichtiger Arbeiten gezeitigt; die schwierigen Probleme der Akustik hatten ihn schon seit zwei Jahren dazu geführt, sich immer mehr in die Anwendung der Green'schen Sätze auf hydrodynamische und aerodynamische Probleme zu vertiefen. So behandelte er im Jahre 1857 in einer genialen, den Mathematiker ersten Ranges erweisenden Arbeit, die betitelt war „Ueber Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen", und im folgenden Jahre im Journal für die reine und angewandte Mathematik erschien, die Lösung äusserst schwieriger hydrodynamischer Probleme, indem er die früher zur Behandlung derselben gemachten Voraussetzungen und Beschränkungen fallen liess und zu Analogien der Wasserbewegungen mit den elektromagnetischen Wirkungen elektrischer Ströme geführt wurde, welche für seine späteren Arbeiten in der Theorie der Elektricität und des Magnetismus von grosser Bedeutung werden sollten. Während bisher Integrale der hydrodynamischen Gleichungen fast nur unter der Voraussetzung gesucht wurden, dass die rechtwinkligen Componenten der Geschwindigkeit jedes Wassertheilchens sich aus einer bestimmten Function, welche Helmholtz das Geschwindigkeitspotential nannte, als Differentialquotienten nach den Coordinaten ergeben, — eine Voraussetzung, die stets erlaubt war, so oft die Bewegung der Wassermasse unter dem Einfluss von Kräften vor sich ging, welche selbst ein Potential haben — hob Helmholtz diese Beschränkung auf, berücksichtigte auch die Reibung der

Flüssigkeitstheilchen an einander und an festen Körpern, deren Einfluss auf Flüssigkeiten bisher noch nicht mathematisch definirt werden konnte, und suchte die Formen der Bewegung zu bestimmen, welche die Reibung in der Flüssigkeit hervorbringt. Indem er von den Bewegungsgleichungen für die inneren Punkte einer tropfbaren Flüssigkeit ausgeht, denkt er sich die Veränderung, welche irgend ein unendlich kleines Wasservolum in einem unendlich kleinen Zeittheilchen erleidet, zusammengesetzt aus drei verschiedenen Bewegungen: einer Fortführung des Wassertheilchens durch den Raum hin, einer Ausdehnung oder Zusammenziehung des Theilchens nach drei Hauptdilatationsrichtungen — wobei ein jedes aus Wasser gebildete rechtwinklige Parallelepipedon, dessen Seiten den Hauptdilatationsrichtungen parallel sind, rechtwinklig bleibt — und endlich einer Drehung um eine beliebig gerichtete temporäre Rotationsaxe. Er findet nun zunächst durch streng mathematische Deductionen, dass in den Fällen, in denen ein Geschwindigkeitspotential existirt, die kleinsten Wassertheilchen keine Rotationsbewegungen haben, wohl aber ist wenigstens ein Theil der Wassertheilchen in Rotation begriffen, wenn kein Geschwindigkeitspotential existirt. Nimmt man nun an, dass alle Kräfte, welche auf die Flüssigkeit wirken, ein Kräftepotential besitzen, so ergiebt sich leicht, dass diejenigen Wassertheilchen, welche nicht schon von Anfang an eine Rotationsbewegung haben, auch im Verlaufe der Zeit nicht in Rotation kommen können. Nennt man nun Wirbellinien solche Linien, welche durch die Flüssigkeit so gezogen sind, dass ihre Richtung überall mit der Richtung der augenblicklichen Rotationsaxe der in ihnen liegenden Wassertheilchen zusammentrifft, so folgt wiederum aus den hydrodynamischen Gleichungen, dass eine jede Wirbellinie fortdauernd aus denselben Wassertheilchen zusammengesetzt bleibt, während sie mit diesen Wassertheilchen in der Flüssigkeit selbst fortschwimmt. Da sich aber ferner leicht aus den Ausdrücken für die Rotations-

geschwindigkeit ergiebt, dass die Grösse derselben in einem bestimmten Wassertheilchen in demselben Verhältnisse sich verändert, wie der Abstand dieses Wassertheilchens von seinen Nachbarn in der Rotationsaxe, so folgert Helmholtz — indem er einen aus der Flüssigkeit herausgetheilten Faden von unendlich kleinem Querschnitt einen Wirbelfaden nennt, wenn derselbe durch Wirbellinien gebildet wird, welche durch alle Punkte des Umfanges einer unendlich kleinen Fläche gelegt sind — dass das Product aus der Rotationsgeschwindigkeit und dem Querschnitte in einem aus denselben Wassertheilchen bestehenden Stücke eines Wirbelfadens bei der Fortbewegung desselben constant bleibt, dass aber dieses Product auch selbst in der ganzen Länge desselben Wirbelfadens seinen Werth nicht ändert. Die Wirbelfäden müssen daher innerhalb der Flüssigkeit in sich zurücklaufen oder können nur an deren Grenzen endigen. Hieraus folgt aber unmittelbar, dass, wenn man die Bewegung der in der Flüssigkeit vorhandenen Wirbelfäden bestimmen kann, die Rotationsgeschwindigkeit sich daraus herleiten lässt, und dass die Geschwindigkeiten der Wassertheilchen für einen gewissen Zeitpunkt bestimmt sind, wenn für denselben die Rotationsgeschwindigkeiten gegeben sind bis auf eine unbestimmte, zur Erfüllung der Grenzbedingungen verwendbare Function. Diese Bestimmung der Geschwindigkeiten ist an den überaus wichtigen Satz gebunden, dass jedes rotirende Wassertheilchen in jedem anderen Theilchen derselben Wassermasse eine Geschwindigkeit bedingt, welche senkrecht gegen die durch die Rotationsaxe des ersten Theilchens und das zweite Theilchen gelegte Ebene steht; die Grösse dieser Geschwindigkeit ist direct proportional dem Volumen des ersten Theilchens, seiner Rotationsgeschwindigkeit und dem Sinus des Winkels zwischen der Verbindungslinie der beiden Theilchen und der Rotationsaxe, umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung beider Theilchen. Da aber genau dasselbe Gesetz

für die Kraft existirt, welche eine in dem ersten Theilchen befindliche elektrische, der Rotationsaxe parallele Strömung auf ein in dem zweiten Theilchen befindliches magnetisches Theilchen ausüben würde, so findet Helmholtz mit Zugrundelegung der Definition eines n-fach zusammenhängenden Raumes — nach welcher durch denselben n — 1, aber nicht mehr Schnittflächen gelegt werden können, ohne den Raum in zwei vollständig getrennte Theile zu zerstückeln — das für den Ausbau der Elektricitätslehre so bedeutungsvoll gewordene Gesetz: wenn in einem einfach zusammenhängenden, mit bewegter Flüssigkeit gefüllten Raume ein Geschwindigkeitspotential existirt, so sind die Geschwindigkeiten der Wassertheilchen gleich und gleichgerichtet den Kräften, welche eine gewisse Vertheilung magnetischer Massen an der Oberfläche des Raumes auf ein magnetisches Theilchen im Innern ausüben würde; wenn dagegen in einem solchen Raume Wirbelfäden existiren, so sind die Geschwindigkeiten der Wassertheilchen gleich zu setzen den auf ein magnetisches Theilchen ausgeübten Kräften geschlossener elektrischer Ströme, welche theils durch die Wirbelfäden im Innern der Masse, theils in ihrer Oberfläche fliessen, und deren Intensität dem Product aus dem Querschnitt der Wirbelfäden und ihrer Rotationsgeschwindigkeit proportional ist. Indem der ersten Bewegung ein eindeutiges Geschwindigkeitspotential, der zweiten in den nicht rotirenden Wassertheilchen ein mehrdeutiges Geschwindigkeitspotential entspricht, genügt es also, bei den hydrodynamischen Integralen der ersten Art die Bewegung der Oberfläche zu kennen; bei denen der zweiten Art ist noch die Bewegung der innerhalb der Flüssigkeit befindlichen Wirbelfäden unter ihrem gegenseitigen Einfluss und mit Berücksichtigung der Grenzbedingungen zu bestimmen, was Helmholtz auch für gewisse einfache Fälle gelingt, wo Rotation der Wassertheilchen nur in gewissen Flächen oder Linien vorkommt, und die Gestalt dieser Flächen und Linien bei der Fort-

bewegung unverändert bleibt, wie z. B. bei geradlinig parallelen oder kreisförmigen Wirbelfäden — Sätze und Resultate, die in ihrem rein mathematischen Inhalte Grundgesetze der modernen Functionentheorie bilden. Interessant sind die Resultate, die sich für ringförmige Wirbelfäden hieraus ergeben. Haben zwei solche von kleinem Querschnitt gleiche Axe und gleiche Rotationsrichtung, so schreiten sie beide in gleichem Sinne fort, und es wird der vorangehende sich erweitern, dann langsamer fortschreiten, der nachfolgende sich verengern und schneller fortschreiten, schliesslich, wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten nicht zu verschieden sind, den anderen einholen, durch ihn hindurch gehen, und nun wird sich dasselbe mit dem anderen Ringe wiederholen; ähnliche Eigenschaften gelten für entgegengesetzte Rotationsrichtungen.

Als zehn Jahre später Tait die Arbeit von Helmholtz über Wirbelbewegungen übersetzen wollte und ihm seinen Plan dazu darlegte, erwiderte dieser:

„Wenn Sie die Quaternions zu ihrer Darstellung nützlich finden, wäre sehr zu wünschen, dass Sie eine kurze Einleitung über diese selbst gäben, soweit als zum Verständniss der Anwendung auf die Wirbelbewegungen nöthig ist; denn bisher habe ich, wenigstens in Deutschland, noch keinen Mathematiker gefunden, der zu sagen gewusst hätte, was die Quaternions sind, und ich selbst bin, wie ich gestehen muss, immer noch zu träge gewesen, es mir aus den vielen kleinen Aufsätzen von Hamilton im Zusammenhange herauszusuchen.“

Gegen die von Helmholtz gemachte Annahme, dass die Bewegung eines unendlich kleinen Wasservolums zusammengesetzt gedacht werden kann aus einer Fortführung des Wassertheilchens durch den Raum hin, einer Ausziehung oder Zusammenziehung des Theilchens nach drei Hauptdilatationsrichtungen — wobei ein jedes aus Wasser gebildete rechtwinklige Parallelepipedon, dessen Seiten den

Hauptdilatationsrichtungen parallel sind, rechtwinklig bleibt, während seine Seiten zwar ihre Länge ändern, aber ihren früheren Richtungen parallel bleiben — und endlich aus einer Drehung um eine bestimmt gerichtete temporäre Rotationsaxe richteten sich die im Jahre 1868 von Bertrand erhobenen Einwürfe, welche die Allgemeinheit seiner Methode anzweifelten. Die Behauptung desselben, dass man in einer grossen Anzahl von Fällen auch schiefe Parallelepipede mit einer bestimmten Richtung ihrer Kanten construiren könne, welche sich in andere Parallelepipede transformiren, deren Kanten parallel denen des ersteren bleiben, erledigt Helmholtz in drei in den Comptes rendus von 1868 veröffentlichten Noten „Sur le mouvement le plus générale d'un fluide", „Sur le mouvement des fluides" und „Réponse à la Note de M. J. Bertrand du 19. octobre", indem er zeigt, dass die von Bertrand definirte Bewegung aus der Combination einer Rotation und drei rechtwinkligen Dilatationen zusammengesetzt werden kann, und „dass er unter Dilatationen nicht Translationen verstanden habe".

An das von Helmholtz aufgestellte Gesetz, dass ein in einer Flüssigkeit reibungslos existirender Wirbel eine für alle Zeiten unveränderliche Grösse darstellt, hat W. Thomson seine Vorstellung über die Constitution der Materie geknüpft. Er hält die Analogie des Satzes von der Erhaltung des Wirbels mit dem von der Erhaltung der Materie auch für eine innerliche, sieht die Atome als Aetherwirbel an und neigt sich der Ansicht zu, dass die chemische Verschiedenheit der Atome darin bestehe, dass wir es in ihnen mit verschiedentlich geknoteten Wirbelringen zu thun haben.

Nachdem er diese Arbeit beendet, die zunächst nur den mathematischen Physikern verständlich war, und die Kirchhoff stets mit der im folgenden Jahre veröffentlichten über Luftschwingungen in Röhren zu seinen bedeutendsten mathematisch-physikalischen Leistungen gezählt hat, beschäftigten ihn in den letzten Monaten seiner Bonner Thätigkeit auch

noch seine optischen und akustischen Untersuchungen, und er legte am 3. Juli 1858 der Niederrheinischen Gesellschaft einige Betrachtungen „Ueber die subjectiven Nachbilder im Auge“ vor, die er später in seiner Physiologischen Optik weiter ausführte. Helmholtz war schon bei seinen früheren Arbeiten über die Mischung der Farben in dem Bestreben, die Young'sche Theorie von den roth-, grün- und violettempfindenden Sehnervenfasern zu stützen, zu dem Schlusse gekommen, dass die Spectralfarben noch nicht die gesättigtsten Farben seien, welche in der Empfindung des Auges vorkommen können. Indem er diese letztere Thatsache wirklich erweisen wollte, prüfte er zunächst die von Fechner aufgestellte Theorie der subjectiven Nachbilder im Auge. Wenn man auf einen hellen Gegenstand geblickt hat, und dann die Augen auf vollkommenes Dunkel gewendet werden, zeigt sich im Anfange ein positives Nachbild, d. h. die hellen Stellen des Objectes erscheinen hell, die dunkeln dunkel; auf gleichmässig erleuchteten Flächen dagegen zeigt sich das Nachbild meistens negativ, d. h. die hellen Stellen des Objectes erscheinen dunkel, die dunkeln hell. Nach Fechner soll der Grund für diese Erscheinung darin bestehen, dass die positiven Nachbilder aus einer nachbleibenden Reizung der vom Licht getroffenen Netzhautstellen entstehen, die negativen aus ihrer Ermüdung, vermöge deren sie gegen neu einfallendes Licht weniger empfindlich geworden sind; die Stärke der Beleuchtung einer Fläche, welche nöthig ist, um das positive Nachbild, welches auf dunklem Grunde erscheint, in ein negatives zu verkehren, nimmt mit der Zeit ab.

Nachdem er diese Fechner'sche Erklärung durchaus bestätigt gefunden, erzeugte er Nachbilder von reinen prismatischen Farben in seinem Auge, betrachtete diese auf einem Felde, welches mit einer anderen prismatischen Farbe überzogen war, und fand, dass die Erscheinungen sich nicht von denen unterscheiden, welche durch Betrachtung der Farben von Naturkörpern und Farbstoffen entstehen. Inter-

essant war nun aber der Fall, wo er einen von einer Spectralfarbe hell beleuchteten runden Fleck ansah und dessen Nachbild auf einem von der Complementärfarbe überzogenen und von diffusem weissen Licht vollständig gereinigten Felde betrachtete; es erschien dann in dem Nachbilde die Complementärfarbe reiner und gesättigter als in der Umgebung des Nachbildes. Helmholtz folgerte daraus, dass, obgleich die prismatischen Farben die reinsten und gesättigtsten, d. h. von eingemischtem Weiss freiesten Farben sind, welche die Natur uns bietet, doch auf dem angegebenen Wege die Empfindung einer noch gesättigteren Farbe erregt werden könne, gegen welche die reinsten prismatischen Farben weisslich erscheinen.

Helmholtz brachte in den letzten Tagen des August seine Familie nach Heidelberg, wo ihm sogleich eine grosse Ehrung zu Theil wurde; die jung entstandene ophthalmologische Gesellschaft überreichte ihm einen Pokal mit der Inschrift: „Dem Schöpfer der neuen Wissenschaft, dem Wohlthäter der Menschheit in dankbarer Erinnerung an die Erfindung des Augenspiegels“. Im September besuchte er das Meeting der British Association in Aberdeen, und danach die Naturforscherversammlung in Karlsruhe, der Hauptstadt des Landes, dem er nunmehr 13 Jahre lang seine gewaltigen Kräfte weihen sollte. In einem Vortrag „Ueber Nachbilder“ theilte er dort die oben besprochenen Versuche und Resultate kurz mit, und gab in einem zweiten Vortrage „Ueber die physikalische Ursache der Harmonie und Disharmonie“ im Wesentlichen und sehr gedrängt den Anschauungen Ausdruck, welche er bereits ein Jahr früher in Bonn, der Vaterstadt Beethoven's, „des gewaltigsten unter den Heroen der Tonkunst“, in einem herrlichen Vortrage „Ueber die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie“ einer grossen Versammlung begeisterter Zuhörer gegenüber ausgesprochen. Wie schon früher bei seinen optischen Untersuchungen betrat er auch hier wieder in der Akustik das ästhetische Gebiet.

„Unter allen Feldern, in denen ich gearbeitet habe“, sagte er 40 Jahre später, „habe ich mich in der Musik am meisten als Dilettant gefühlt. Kunst und Wissenschaft sind ja in allen äusseren Beziehungen und in der Methodik der Arbeit sehr verschiedene Gebiete; sonst muss ich doch sagen, dass ich von der tiefen inneren Verwandtschaft der Kunst und Wissenschaft überzeugt bin. Auch die Kunst sucht uns Wahrheiten zu verkünden, psychologische Wahrheiten, wenn auch in ganz anderer Form sinnlicher Erscheinungen und nicht in der Form des Begriffs. Aber schliesslich wird sich bei vollendeter Erscheinung ja auch die begriffliche Fassung finden müssen, und beide werden schliesslich vereint zusammen wirken.“

Dies war der Boden, auf dem er stand, als er die physikalische und physiologische Optik und Akustik in einer für die kommende Zeit maassgebenden Form mit der Aesthetik verknüpfte.

Ausgehend von der bekannten Erscheinung, dass wir das Zittern der Luft bei starken Tönen auch mit der Haut fühlen, zeigt er in seinem Vortrage, wie die Lufterschütterung erst zum Schalle wird, wenn sie das hörende Ohr trifft, und entwickelt dann zunächst seine schon früher dargelegten Anschauungen über die Correspondenz der Klangfarbe und Wellenform; er bespricht eingehend seine Theorie des Grundtones und der Obertöne und hebt hervor, dass die Obertöne in die nicht näher zu bezeichnende Eigenthümlichkeit des Tones aufgehen, die man Klangfarbe nennt; so rechtfertigt er, da die Existenz der Obertöne von der Wellenform abhängt, die Identificirung der Klangfarbe mit der Wellenform. Da nun die Schnecke des Ohres durch ausgespannte Membranen in drei Abtheilungen geschieden ist, in deren mittlerer unzählige mikroskopisch kleine Plättchen wie die Tasten eines Claviers regelmässig neben einander liegen, welche an ihrem einen Ende mit den Fasern des Hörnerven in Verbindung stehen, an ihrem anderen der

ausgespannten Membran anhängen, und da damals elastische Anhängsel der Nervenenden entdeckt worden, welche die Form steifer Härchen haben, so hielt es Helmholtz für wahrscheinlich, dass jedes derartige Anhängselchen ähnlich den Saiten des Claviers auf einen Ton abgestimmt ist, und dass jeder aussen erregte Ton nicht nur das seinem Grundton entsprechende Plättchen im Corti'schen Organe in Mitschwingung versetzt und die zugehörigen Nervenfasern erregt, sondern auch die den Obertönen entsprechenden Plättchen, wodurch die Obertöne ebenso gut empfunden werden müssen als der Grundton. Daraus folgert er, dass, streng genommen, für die Empfindung alle Töne der musikalischen Instrumente als Accorde mit vorwiegendem Grundton zu betrachten sind. Freilich ist immer eine Art der Aufmerksamkeit nöthig, um die Obertöne zu vernehmen, doch war es ihm gelungen, die Obertöne der menschlichen Stimme zu hören, und sogar andere Personen sie hören zu lassen.

Die schon von Pythagoras gemachte Entdeckung, dass Schwingungen von einfachem Zahlenverhältniss, wie Octave, Quint, Duodecime, grosse Terz, einen angenehmen Eindruck hervorbringen, während die Töne von mehr verwickeltem Verhältniss der Schwingungszahl dissonant sind, hatte in der Annahme, dass die Seele an dem einfachen Verhältniss der Schwingungen Vergnügen empfinde, offenbar keine genügende Erklärung gefunden.

„Mathematik und Musik, der schärfste Gegensatz geistiger Thätigkeit, den man auffinden kann, und doch verbunden, sich unterstützend, als wollten sie die geheime Consequenz nachweisen, die sich durch alle Thätigkeiten unseres Geistes hinzieht und die uns auch in den Offenbarungen des künstlerischen Genius unbewusste Aeusserungen geheimnissvoll wirkender Vernunftmässigkeit ahnen lässt."

Schon die früheren akustischen Arbeiten von Helmholtz und Anderen ergaben, wenn zwei Töne nur annähernd gleiche Schwingungsdauer haben, und ihre Wellenberge

anfangs zusammenfallen, so dass sie sich verstärken, dass allmählich die Berge des einen denen des anderen voraneilen und abwechselnde Steigungen und Schwächungen des Tones erzeugen, die man Schwebungen nennt, und welche, wenn sie immer schneller werden, sich in eine continuirliche Tonempfindung zusammensetzen. Ist nun das Verhältniss der Grundtöne genau 2 zu 3, so sind auch die beiden Obertöne von sechs Schwingungen, deren Existenz sich früher ergab, genau gleich und stören die Harmonie der Grundtöne nicht; ist jenes Verhältniss jedoch nur angenähert wie 2 zu 3, so sind die beiden Obertöne nicht genau gleich, sondern machen mit einander Schwebungen, und der Ton wird rauh. Harmonie und Disharmonie scheiden sich dadurch, dass in der ersten die Töne neben einander so gleichmässig abfliessen, wie jeder einzelne Ton für sich, während in der Disharmonie Unverträglichkeit stattfindet, und die Töne sich gegenseitig in einzelne Stösse zertheilen, welche den Hörer quälen und ihn sich nach Harmonie sehnen lassen. Helmholtz schliesst mit einer Gegenüberstellung von Auge und Ohr, indem er hervorhebt, dass das Auge zusammengesetzte Lichtwellensysteme, d. h. zusammengesetzte Farben, nicht von einander scheiden könne, und es dem Auge gleichgültig sei, ob in der Mischfarbe Grundfarben von einfachen oder nicht einfachen Schwingungsverhältnissen vereinigt sind. Das Auge hat keine Harmonie in dem Sinne wie das Ohr, es hat keine Musik. „Die Erscheinungen des rein sinnlichen Wohlklanges sind freilich erst der niedrigste Grad des musikalisch Schönen. Für die höhere und geistige Schönheit der Musik sind Harmonie und Disharmonie nur Mittel, aber wesentliche und mächtige Mittel.“

Ende September 1858 betrat nun Helmholtz das schöne Heidelberg als neuen heimathlichen Boden und schuf dort im Verein mit Bunsen und Kirchhoff eine Zeit des Glanzes, „wie sie selten für eine Universität da war und nicht leicht wiederkehren wird“.

Helmholtz als Professor der Physiologie in Heidelberg von Michaelis 1858 bis Ostern 1871.

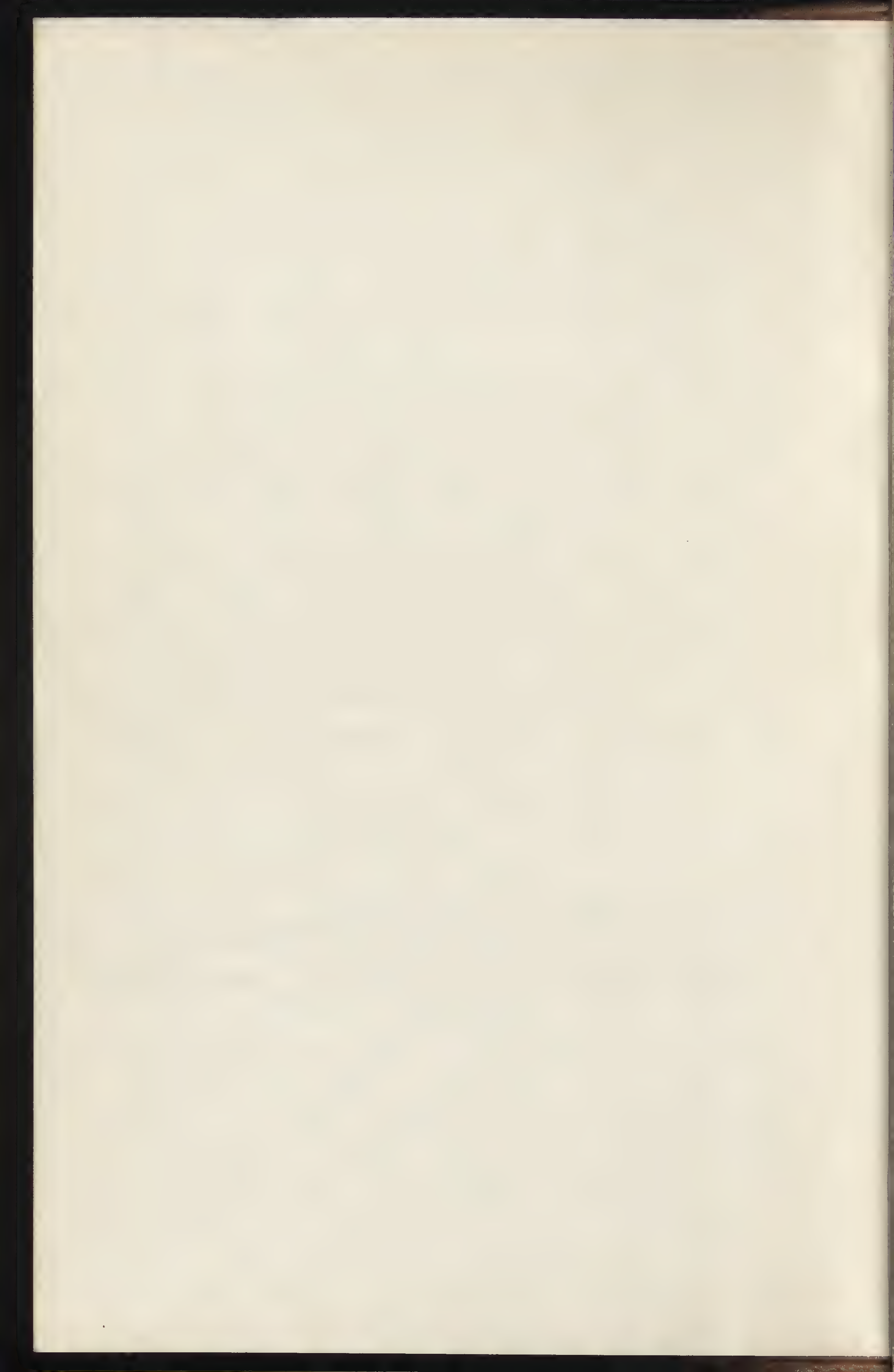
Die Uebersiedelung nach Heidelberg zwang Helmholtz zunächst, seine grösseren experimentellen Arbeiten zu unterbrechen. Während er sehnsüchtig darauf wartete, noch vor Beginn des Semesters sein neues Local für die Aufstellung der Instrumente fertig zu sehen, suchte er möglichst bis zur Mitte des October die zweite Abtheilung seiner physiologischen Optik abzuschliessen; „er stecke aber noch in den Nachbildern fest", schreibt er an Wittich, „und könne damit nicht recht zu Ende kommen", während er nach Beginn der Vorlesungen „in unbesetzten Stunden und Sonntags etwas über Akustik experimentire". Schnell lebt er sich mit seiner Familie in Heidelberg ein; schon am 9. December schreibt er seinem Vater:

„Bisher macht sich in meinen amtlichen Beziehungen hier in Heidelberg Alles recht gut. Zuhörer habe ich trotz der heruntergekommenen Zahl der Mediciner ebenso viele, als ich sie in Bonn für Physiologie hatte. Nur ist allerdings die Zahl der Laboranten zu gross für das Local, und wir sind deshalb etwas gedrängt; indessen soll es sogleich an die Ausarbeitung von Plänen für einen Neubau gehen, und kann dann für besseren Platz gesorgt werden.

Im November haben sie mich zum Mitgliede der Münchener Akademie der Wissenschaften gemacht, und heute

Englischer Kupferstich 1867





habe ich auch einen ersten Orden bekommen, und zwar einen holländischen, den niederländischen Löwen. Wie mir Professor Donders aus Utrecht schreibt, ist dort ein neues Hospital für Augenkranke unter seiner Leitung gebaut und feierlich eingeweiht worden, und bei dieser Veranlassung hat man es passend gefunden, der Erfindung des Augenspiegels in solcher Weise zu gedenken. Du siehst, dass mir Heidelberg Glück bringt in Bezug auf äussere Anerkennung.“

Die Antwort des Vaters spricht die grosse Freude über das Glück seiner Kinder aus; es war der letzte Brief des 67jährigen kränkelnden Greises an seinen Sohn; die Zeilen voll geistiger Frische enthalten noch eine Kritik des neuen Werkes zur Seelenfrage von seinem Freunde Fichte, und schliessen mit den Worten:

„Die Schwierigkeit der Wechselwirkung zwischen Geist und Leib glaube ich allerdings klarer lösen zu können, als es Fichte gelungen ist, wegen der vielen Seitenblicke, die er nach anderer Meinungen wirft, und die ihm ein ruhiges Vertiefen in die eigene Anschauung und ein consequentes Entwickeln aus ihr heraus stören; sollte Dich das interessiren, da es die Bedeutung des Leiblichen und das Verhältniss desselben zum Geistigen betrifft, so will ich es Dir, wenn ich es gründlicher und systematischer geformt haben werde, schicken. Denn wenn gleich Deine Aufgabe die scharfe Ermittelung des Körperlichen, seines Zusammenhanges und der Bedeutung des einzelnen im Körper und für den Körper ist, so scheint doch auch diese geleitet werden zu müssen von dem Begriff, was denn nun der Körper überhaupt für die Seele sei und bedeute, und was überhaupt das Leben in ihr entwickele; überhaupt würde auch die Anthropologie sowohl wie die Seelenfrage manches in Dir anregen, was Dich in Deiner materiellen Untersuchung leiten könnte.“

Nach Schluss der Wintervorlesungen reiste Helmholtz am 27. März 1859 zur Festfeier der bayerischen Akademie

nach München und berichtet am 30. von dort aus seiner Frau:

„...... Mir ist es bisher hier vortrefflich gegangen. Am Sonntag früh erschienen Eisenlohr und der hiesige Physiker Jolly, um mich abzuholen. Nachdem wir uns in der Akademie eingeschrieben hatten, brachte uns Jolly in Kaulbach's Atelier, der eben mit einem riesigen Carton der Schlacht von Salamis beschäftigt war, einem höchst gewaltigen und grossen Werke. Kaulbach selbst, den ich auch später beim ersten Festessen wiedergesehen habe, ist eine ausserordentlich liebenswürdige und feine Künstlernatur, mit regem Interesse für Alles, dem sich nur entfernt eine Beziehung auf die Kunst abgewinnen lässt. Er ist auch hier der Liebling Aller.

.... Nachher flanirten wir etwas durch die Strassen, machten dann Visiten bei einigen Akademikern; zum Mittag und Abend lud mich gleich Jolly ein, dessen Frau aus Heidelberg eine Schwägerin von Weber ist.

.... Der Montag verging en grande parure. Um 9 Uhr Gottesdienst mit einer ganz wackeren Predigt in der protestantischen Kirche; um 11 Uhr Sitzung, wo König Ludwig erschien und sich uns vorstellen liess .... In der Sitzung hielt ein katholischer Altbayer, ein Orientalist Müller, eine Rede über die Geschichte der Akademie, worin er sich in grösster Heftigkeit gegen die Jesuiten losliess, dass ich meinen Ohren nicht traute. Da das Essen spät war, frühstückte ich in grösserer Gesellschaft ein Glas Bier, welches hier in der That alle auswärtigen Nachahmungen des Bayrischen Bieres bei weitem übertrifft. Um 3 Uhr ein sehr grosses Festessen hier im Bayrischen Hofe. Ich sass zwischen Schönbein und Bischoff, gegenüber Liebig und Kaulbach, es war sehr amüsant. Abends ein Stück von Terenz im kleinen Theater.

Gestern früh war ich mit Eisenlohr in der optischen Werkstatt von Steinheil (Ministerialrath) ausserhalb der

Stadt, und sah viel Vortreffliches. Dann eine ziemlich langweilige Sitzung mit Reden, nachher wieder Bayrisch Bier und Mittagsruhe. Dann Essen bei Majestät, dem eine sehr lange und ausführliche Vorstellung vorausging. Der König ist sehr freundlich, spricht verständig, scheint aber die schlechte Ernährung von seinem Vater geerbt zu haben. Freute sich, mich persönlich kennen zu lernen, ich dankte für gnädige Bewilligung; er hoffte, dass ich für die Architectur von Sälen würde akustische Aufschlüsse erhalten, ich konnte ihm darauf wenig Aussicht machen. Sehr brillante Tafel im Barbarossa-Saal, sehr feines und wenig substantielles Essen, wie ich es liebe. Nachher im Theater Oedipus von Colonos mit Musik von Mendelssohn, die ihm aber nicht mehr so gut geflossen ist, wie die der Antigone. Heute sind uns die Säle des Schlosses geöffnet, am Abend grosses Maifest im Rathhause, wobei feierlich der Bock angezapft werden soll . . . .

. . . . . Ich muss schliessen, da R. Wagner gleich kommen wird mich abzuholen."

Bei Gelegenheit dieser akademischen Feier hielt nun Helmholtz am 2. April einen Vortrag „Ueber die Klangfarbe der Vocale"; den wesentlichen Inhalt desselben theilte er in Poggendorff's Annalen mit, nachdem er schon früher Donders mündlich seine Theorie der Vocale dargelegt und später schriftlich ergänzt hatte.

Wie er am 13. Juni 1859 an Ludwig schrieb, war er schon durch die nothwendige Vorstudie über die Bewegung der Luft in Röhren zu einer festen Theorie der Klangfarbe gelangt. Hier giebt er eine ausführlichere Entwickelung derselben, nach welcher Klänge von verschiedener Klangfarbe und gleicher Höhe des Grundtones für das Ohr verschieden sind durch die verschiedene Zahl und Stärke der harmonischen Obertöne, oder die Klangfarbe bedingt ist durch Zusammensetzung des Grundtones mit verschieden starken Obertönen. Er bezeichnet als musi-

kalische Klangfarbe des Tones den Theil der Klangfarbe, welcher unabhängig ist von den unregelmässigen Geräuschen, die nicht eigentlich zu dem musikalischen Theile des Tones zu rechnen sind — wie das Kratzen des Violinbogens, das Pfeifen des über die Flöte geblasenen Luftstromes, das verschiedene Intermittiren des ausgestossenen Athems beim Aussprechen von Consonanten — und wirft nun die Frage auf, ob die Unterscheidung der musikalischen Klangfarbe nur in der Empfindung von Obertönen verschiedener Stärke beruht oder ob das Ohr auch deren Phasenunterschiede aus einander hält; gelangt man doch zu ganz verschiedenen Wellenformen bei Zusammensetzung der Welle eines Grundtones und seiner ersten höheren Octave, je nachdem man das Verdichtungs-Maximum des Grundtones mit dem der Octave zusammenfallen lässt oder nicht. Und die Entscheidung dieser Frage suchte Helmholtz dadurch zu gewinnen, dass er Töne verschiedener Klangfarbe durch directe Zusammensetzung einfacher Töne erzeugte, wie er sie früher durch Stimmgabeln hervorzubringen gelehrt hatte; als passendes Object der Nachahmung wählte er die verschiedenen Vocale der menschlichen Sprache, weil diese als gleichmässig anhaltende musikalische Töne hervorgebracht werden können. Die Charakterisirung der Vocale giebt er ungefähr in der Donders brieflich mitgetheilten Art an, wonach bei diesen nicht der Grundton, sondern einer der Obertöne der stärkste ist; nur fügt er jetzt die genauere Bestimmung hinzu, dass o entsteht, wenn der Grundton kräftig von der höheren Octave begleitet wird, wobei eine ganz schwache Begleitung durch den dritten und vierten Ton vortheilhaft ist, während e charakterisirt wird durch den dritten Ton bei mässiger Stärke des zweiten, und der Uebergang von o zu e dadurch geschieht, dass man den zweiten Ton abnehmen, den dritten anschwellen lässt, so dass, wenn man beide genannte Nebentöne stark angiebt, ö entsteht. So zeigt er, dass die für Stimmgabeln gefundenen

Resultate auch durch die Untersuchung der menschlichen Stimmtöne bestätigt werden, zunächst wenigstens, wenn die Vocale auf einer bestimmten Note gesungen werden. Da nun der vom Menschen ausgesprochene Vocal ein durch Schwingung der Stimmbänder erzeugter Klang ist, die Mundhöhle aber nach seiner Theorie den Resonator bildet, welcher einen bestimmten Oberton besonders hervortreten lässt, damit ein bestimmter Vocal entstehe, so wird durch die veränderte Mundstellung derselbe Klang zu verschiedenen Vocalen. Zur Begründung seiner Vocallehre construirt nun Helmholtz als Resonatoren kleine Glaskugeln, die mit zwei Oeffnungen versehen sind, von denen die eine in einen kurzen trichterförmigen Hals ausläuft, dessen Ende in den Gehörgang einpasst, und deren Luftmasse, wenn ihr Eigenton ausserhalb ertönt, mitzuschwingen anfängt und so auf das Ohr wirkt. Mit Hülfe dieser Resonatoren waren nicht nur die meisten akustischen Phänomene, wie die objectiven Combinationstöne, die Obertöne und ihre Schwebungen, leicht zugänglich, sondern es ergab sich evident die Richtigkeit seiner Theorie der Vocale, und es zeigte sich, dass die musikalische Klangfarbe nur abhängt von der Anwesenheit und Stärke der Nebentöne, die in dem Klange enthalten sind, aber nicht von ihren Phasenunterschieden — zunächst jedoch mit Sicherheit nur, wenn man die Untersuchung bis zum sechsten oder achten Nebenton erstreckt. Zugleich aber gestattete die Bestätigung dieses letzteren Satzes, dass die Phasenunterschiede nicht in Betracht kommen, die von Helmholtz gemachte Annahme aufrecht zu erhalten, nach welcher sich die Empfindung verschiedener Klangfarben darauf reducirt, dass gleichzeitig mit der Faser, welche den Grundton empfindet, andere Nervenfasern in Erregung gesetzt werden, welche den Nebentönen entsprechen; eine so einfache Erklärung würde sich nicht geben lassen, wenn die Phasenunterschiede der tieferen Nebentöne in Betracht kämen. Eine Ergänzung dieser Untersuchung

gab Helmholtz noch im folgenden Jahre im naturhistorisch-medicinischen Verein in Heidelberg durch einen Vortrag „Ueber Klangfarben“; er dehnte die oben erwähnte Beschränkung, dass die Vocalklänge auf einer bestimmten Note — und zwar von einer Männerstimme auf B — gesungen werden, auf die Untersuchung für alle Tonhöhen des gesungenen Vocals aus, wobei sich ergab, dass für gewisse Vocale noch höher liegende Obertöne charakteristisch sind.

Schon in seiner der bayerischen Akademie vorgelegten Arbeit weist Helmholtz auf die von ihm als Vorstudie bezeichnete grosse, noch in demselben Jahre im Journal für reine und angewandte Mathematik erschienene Arbeit hin „Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden“, deren Inhalt er bereits am 15. März dem naturhistorisch-medicinischen Verein in Heidelberg mitgetheilt hatte. Diese Arbeit, sowie die früher besprochene Untersuchung über Wirbelbewegung, gehören zu den glänzendsten mathematischen Leistungen von Helmholtz, die nur noch von den Arbeiten in dem letzten Jahrzehnt seines Lebens erreicht, vielleicht übertroffen werden:

„Auch bin ich im Stande gewesen“, sagt er im Jahre 1891, „einige mathematisch physikalische Probleme zu lösen, und darunter sogar solche, an welchen die grossen Mathematiker seit Euler sich vergebens bemüht hatten, z. B. die Fragen wegen der Wirbelbewegungen und der Discontinuität der Bewegung in Flüssigkeiten, die Frage über die Schallbewegung an den offenen Enden der Orgelpfeifen u. s. w. Aber der Stolz, den ich über das Endresultat in diesen Fällen hätte empfinden können, wurde beträchtlich herabgesetzt dadurch, dass ich wohl wusste, wie mir die Lösungen solcher Probleme fast immer nur durch allmählich wachsende Generalisationen von günstigen Beispielen, durch eine Reihe glücklicher Einfälle nach mancherlei Irrfahrten gelungen waren. Ich musste mich vergleichen einem Bergsteiger, der, ohne den Weg zu kennen,

langsam und mühselig hinaufklimmt, oft umkehren muss, weil er nicht weiter kann, bald durch Ueberlegung, bald durch Zufall neue Wegspuren entdeckt, die ihn wieder ein Stück vorwärts leiten, und endlich, wenn er sein Ziel erreicht, zu seiner Beschämung einen königlichen Weg findet, auf dem er hätte herauffahren können, wenn er gescheidt genug gewesen wäre, den richtigen Anfang zu finden. In meinen Abhandlungen habe ich natürlich den Leser dann nicht von meinen Irrfahrten unterhalten, sondern ihm nur den gebahnten Weg beschrieben, auf dem er jetzt ohne Mühe die Höhe erreichen mag.“

Die Theorie der Orgelpfeifen war bisher zunächst unter der Voraussetzung behandelt worden, dass die Bewegung der Lufttheilchen im Innern der Röhre überall ihrer Axe parallel gerichtet und sowohl die Geschwindigkeit wie der Druck in allen Punkten desselben Querschnittes der Röhre gleich gross sei, eine Annahme, welche für die vom offenen Ende entfernteren Theile einer cylindrischen oder prismatischen Röhre statthaft, jedoch in der Nähe offener Enden, wo die ebenen Wellen der Röhre sich in Form kugeliger Wellen ausbreiten, unzulässig war, da ein solcher Uebergang nicht sprungweise geschehen kann. Ferner war die von Bernouilli, Euler, Lagrange gemachte Annahme, dass die Verdichtung der Luft am offenen Ende der Röhre Null ist, ebenfalls unstreng, da die Dichtigkeit derselben nicht gleichgesetzt werden darf der constanten Dichtigkeit der ruhenden Luft, sondern der veränderten Dichtigkeit der anstossenden selbst in Vibration gerathenen Luft im freien Raume. Poisson suchte nun diese irrthümliche Annahme durch eine, wie die Helmholtz'sche Theorie erwies, nicht gerechtfertigte Hypothese über die Verdichtung der Luft am Ende der Röhre zu ersetzen, und so traten beständig Differenzen zwischen der Theorie und der Erfahrung ein. Helmholtz brauchte aber zur Erledigung seiner schon früher angedeuteten akustischen Untersuchungen eine genaue, der Erfahrung ent-

sprechende, streng theoretische Beantwortung der Frage, in welcher Weise sich ebene Schallwellen, die in der Tiefe einer cylindrischen Röhre erzeugt worden sind, bei ihrem Uebergange in den freien Raum verhalten. Er löste dieses überaus schwierige Problem ohne jede Hypothese mit den höchsten Hülfsmitteln der Analysis, indem er sich die Aufgabe stellte, die Schwingungsform zu ermitteln, welche sich schliesslich dauernd herstellt, wenn die die Schwingungen erregende Ursache dauernd und gleichmässig fortwirkt; seiner früher aufgestellten Theorie gemäss durfte er die Voraussetzung machen, dass die Vibrationen denen eines einfachen Tones entsprechen, da die Willkürlichkeit der Schwingungsform sich aus einer grösseren Anzahl von solchen einfachen Tönen zusammensetzen lässt.

Er formt zunächst die Bewegungsgesetze der Luft unter der Voraussetzung, dass die auf die gasige Masse wirkenden Kräfte eine Potentialfunction besitzen, mit Hülfe des für die Schallbewegung gültigen Geschwindigkeitspotentials in zwei Gleichungen um, die sich von der Laplace'schen Gleichung für das Newton'sche Potential durch einen von den Coordinaten abhängigen und einen anderen Posten unterscheiden, der dem Geschwindigkeitspotential proportional ist, und zeigt, dass für einen von Erregungspunkten des Schalles freien Raum nur der letztere Posten hinzukommt. Für diesen letzteren Fall untersucht er nun die allgemeinen Formen des Geschwindigkeitspotentials und die Beziehungen desselben zu der Dichtigkeit continuirlich verbreiteter Erregungspunkte. Sind diese continuirlich auf einer Fläche verbreitet, so lässt sich, wie er findet, das Theorem von Green auf die Schallbewegung in der Form übertragen, dass jede stetige und eindeutige Function, welche in allen Theilen eines Raumes der oben bezeichneten, für den von Erregungsstellen freien Raum gültigen Differentialgleichung des Geschwindigkeitspotentials genügt, sich als Geschwindigkeitspotential von Erregungspunkten ausdrücken

lässt, die nur längs der Oberfläche jenes Raumes ausgebreitet sind. Endlich werden noch die Grenzbedingungen für weit von den Erregungspunkten entfernte Flächen aufgestellt, durch welche Schallwellen in den unendlichen Raum hinauslaufen, und jenseits welcher es keine Erregungspunkte mehr giebt. Die so gewonnene Uebertragung des Green'schen Theorems auf die Akustik liefert aber nun sogleich den wichtigen Satz, dass, wenn in einem mit Luft gefüllten Raume, der theils von endlich ausgedehnten festen Körpern begrenzt, theils unbegrenzt ist, in einem Punkte Schallwellen erregt werden, das Geschwindigkeitspotential derselben in einem zweiten Punkte ebenso gross ist, als es in dem ersten sein würde, wenn nicht in dem ersten, sondern in dem zweiten Wellen von derselben Intensität erregt wurden, wobei der Phasenunterschied in dem erregenden und erregten Punkte in beiden Fällen gleich ist — und dieser Satz bleibt bestehen, wenn der Raum von einer unendlichen Ebene theilweise begrenzt wird.

So waren die wichtigsten allgemeinen Gesetze der elektrischen Potentialfunctionen für die Lehre von den Schallwellen anwendbar gemacht, und Helmholtz geht nun zu seiner eigentlichen Aufgabe über, die Bewegung der Luft am offenen Ende einer cylindrischen Röhre zu bestimmen, wenn im Innern der Röhre durch irgend welche Ursachen ebene Wellen, die einem einfachen Tone entsprechen, zu Stande gekommen sind, und sich die Bewegung durch die Mündung der Röhre der äusseren, durch keine anderen Schall erregenden Kräfte afficirten Luft mittheilt. Er nimmt dabei an, dass die cylindrischen Röhren in einer so kleinen Entfernung von ihrer Mündung, dass deren Grösse gegen die Wellenlänge vernachlässigt werden kann, in beliebiger Weise von der cylindrischen Form abweichen dürfen, die Dimensionen der Oeffnung ebenfalls sehr klein gegen die Wellenlänge sein sollen, und der äussere Luftraum einseitig begrenzt ist durch eine gegen die Axe der Röhre senkrechte

Ebene, mit welcher auch die Ebene der Mündung zusammenfällt. Mit Hülfe wiederholter Anwendung des Green'schen Satzes auf vier verschiedene Theilräume lassen sich, ohne die specielle Form der Mündung und der Luftbewegung in der Mündung zu kennen, gewisse Beziehungen herleiten zwischen den ebenen und den sich halbkugelförmig in den entfernteren Theilen des Raumes ausbreitenden Wellen, und es werden dadurch die bisher ungelöst gebliebenen Fragen über den Einfluss des offenen Endes auf die ebenen Wellen beantwortet.

Zunächst ergiebt sich für die Form der Wellen in der Röhre, dass die Maxima und Minima der Schwingungen oder die Bäuche und Knoten derselben in der Röhre um Viertelwellenlängen von einander entfernt liegen, und dass die Phasen der Bewegung am Orte der Maxima und Minima um eine Viertelschwingungsdauer verschieden sind. Helmholtz nennt nun die Entfernung der Querschnitte von einem in bestimmt angegebener Entfernung von der Oeffnung gelegenen Punkte der Axe die reducirte Länge des Röhrenstückes, wobei, wenn Mündung und Querschnitt der Röhre zu einander ein endliches Verhältniss haben, die Differenz der wahren und reducirten Länge ein endliches Verhältniss zu den linearen Dimensionen der Mündung besitzt. Er findet, dass die Maxima der Schwingung überall da liegen, wo die reducirte Länge gleich einem geraden Vielfachen der Viertelwellenlänge, Flächen kleinster Bewegung oder Knotenflächen dagegen da, wo die reducirte Länge der Röhre einem ungeraden Vielfachen der Viertelwellenlänge gleich ist. Die gewonnenen Resultate benutzt nun Helmholtz, um die Stärke der Resonanz und die Phasen der in der Luft erregten Schwingungen bei verschiedenen Erregungsweisen des Schalles zu bestimmen. Ist die Röhre in irgend einem Querschnitt durch eine feste Platte begrenzt, welche durch eine äussere Kraft, z. B. eine aufgesetzte Stimmgabel, in eine schwingende Bewegung versetzt wird, so wird die Resonanz

am stärksten — als Töne stärkster Resonanz definirt er die von der Lage der Schwingunges-Minima und Maxima abhängende Höhe der natürlichen Töne der Röhre — wenn die reducirte Länge der Röhre ein ungerades Vielfaches der Viertelwellenlänge ist, am schwächsten, wenn sie ein gerades Vielfaches ist; diese Eigenschaft bleibt auch erhalten für einerseits geschlossene Röhren, wenn der Schall in der Röhre von einem in den entfernteren Theilen des freien Raumes befindlichen tönenden Punkte erregt wird. Nach Herleitung dieser ganz allgemeinen Sätze, durch welche das Problem auf die Bestimmung der reducirten Länge verschiedener Röhrenformen zurückgeführt wird, stellt sich nun Helmholtz die Aufgabe, solche Röhrenformen aufzusuchen, für welche sich die Luftbewegung in der Mündung und die reducirte Länge vollständig bestimmen lässt für Schallwellen von so grosser Wellenlänge, dass gegen diese die Dimensionen der Röhrenöffnung, ihres Querschnittes und des von der Cylindergestalt abweichenden Theiles der Mündung verschwinden; er sucht unter der Annahme, dass die Wand der Röhre eine Rotationsfläche ist, welche in kleiner Entfernung von der kreisförmigen Mündung mit einem bestimmten Radius in einen Cylinder von kreisförmigem Querschnitt mit einem anderen Radius übergeht, solche Potentialfunctionen auf, welche Röhren bestimmen, die in kleiner Entfernung von der Mündung in einen Cylinder übergehen, um daraus die zugehörige Röhrenform bestimmen und sodann die Bewegung der Luft vollständig angeben zu können. Es gelingt ihm aber auch, für die gegebenen einfachsten Formen der Potentialfunction die Gestalt der Röhren zu berechnen, und er findet durch Anwendung der zur Zeit höchsten Mittel der Analysis, dass sich — für eine Form, bei welcher die Differenz zwischen reducirter und wahrer Länge verschwindet, wobei sich ihre Mündung schwach trompetenförmig erweitert, so dass die Fläche der Mündung doppelt so gross ist als der Querschnitt des Cylinders, und für eine

andere Form, bei welcher die Weite der Oeffnung gleich der des Cylinders ist, und die so ausserordentlich wenig von einem vollständigen Cylinder abweicht, dass die Differenz meistens vernachlässigt werden darf — die Bewegungsweise der Luft vollständig bestimmen lässt. Endlich wird noch die Behandlung der äusserst schwierigen Aufgabe skizzirt, die Luftschwingungen in solchen Hohlräumen zu bestimmen, deren drei Dimensionen gleichmässig als verschwindend klein gegen die Wellenlänge betrachtet werden können, und die durch eine oder mehrere Oeffnungen, deren Flächen selbst gegen die Oberfläche des Hohlraumes verschwindend klein sind, mit der äusseren Luft communiciren; er findet wiederum durch Anwendung des verallgemeinerten Green'schen Theorems das Gesetz, durch welches die Höhe der Töne stärkster Resonanz bestimmt wird; für eine oder zwei, und zwar kreisförmige oder elliptische Oeffnungen ergeben sich Zahlen, die durch die Versuche bestätigt werden.

Zu dieser Arbeit lieferte Helmholtz noch einen Nachtrag in einem am 27. Februar 1863 im naturhistorisch-medicinischen Verein zu Heidelberg gehaltenen Vortrage „Ueber den Einfluss der Reibung in der Luft auf die Schallbewegung“; hier kam er nochmals auf den für einzelne Gestalten der Röhrenmündungen durch die Theorie gegebenen Unterschied zwischen der wahren und reducirten Länge zurück, weil die Theorie für enge Röhren merklich kleinere Unterschiede lieferte als die Versuche, und es ergab sich eine weit grössere Uebereinstimmung, wenn man die Reibung der Luft in Rechnung zog, was er auf Grund der Untersuchungen von Stokes, ähnlich wie es durch ihn für Flüssigkeiten geschehen, durchführen konnte. Er findet in dem ersten Theile seiner Untersuchung, welcher sich auf die Fortpflanzung kugeliger oder ebener Wellen in unendlich ausgedehnten, mit Luft gefüllten Räumen bezog, dass in Folge der Reibung die Schallwellen an Intensität abnehmen, und dass die Abnahme desto bedeutender wird,

je höher der Ton ist. Weiter ergab sich für die Fortpflanzung ebener Wellen in cylindrischen Röhren, dass die Abnahme der Intensität sowie die Verzögerung der Fortpflanzung in solchen Röhren wegen der Reibung an den Wänden viel bedeutender ist als bei der Fortpflanzung im freien Raume, und er findet einen von der Schwingungszahl und dem Radius der Röhre abhängigen Abnahmecoefficienten der Intensität, so dass bei engeren Röhren die wegen der verminderten Fortpflanzungsgeschwindigkeit nothwendige Verkürzung zum Theil über ein Procent der ganzen Länge beträgt. Was endlich die Stärke der Resonanz betrifft, so stimmte der früher entwickelte Satz, dass dieselbe für eine an beiden Seiten offene Röhre am stärksten ist, wenn ihre reducirte Länge einer geraden Anzahl von Viertelwellenlängen gleich ist, für enge Röhren mit der Erfahrung nicht überein. Nach der Theorie muss die Resonanz desto stärker sein, je enger die Röhre, weil die Reflexion der Wellen an den offenen Enden desto vollständiger ist, je enger diese sind; die Erfahrung aber zeigt, dass enge Röhren namentlich für tiefe Töne schlecht resoniren. Bei Berücksichtigung der Reibung liefert die Theorie wieder gut mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate, und es lässt sich die mittlere Weite der Röhren für die stärkste Resonanz ziemlich genau auswerthen.

Die grosse Anerkennung, welche seine akustischen Arbeiten in der wissenschaftlichen Welt fanden, die Ernennung zum correspondirenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Wien und der Societät zu Erlangen hatten eben noch seinen alten Vater mit Freude und Stolz erfüllt, als völlig unerwartet, da derselbe „sich in der letzten Zeit körperlich wohler gefühlt und die Andeutungen eines Gehirnleidens nur sehr undeutlich hervorgetreten waren“, am 4. Juni Helmholtz die Nachricht traf, dass sein Vater vom Schlage getroffen, gefährlich erkrankt daniederliege. Er reiste sogleich nach Potsdam, seine kranke Frau mit schwerem Herzen verlassend, traf aber seinen Vater nicht mehr lebend an.

„Sein Zustand“, schreibt er von dort seiner Frau, „ist wohl ähnlich dem der Mutter gewesen, nur dass die schlagartigen Zufälle weniger schnell tödtlich waren. Er ist am Mittwoch Nachmittag noch spazieren gegangen und sehr munter gewesen, wie er es überhaupt in der letzten Zeit meist gewesen sein soll. In der Nacht vernahm Julie ein Geräusch und fand ihn bewusstlos im Bette aufrecht sitzend. Von da ab hat er nur noch unterbrochene Zeichen des Bewusstseins gegeben; in der zweiten Nacht ist er sehr unruhig gewesen, und gestern früh hat der Todeskampf angefangen.“

Nachdem Helmholtz durch den unersetzlichen Verlust tief niedergebeugt noch die Verwandten seiner Frau in Dahlem besucht, reiste er nach Heidelberg zurück und fand dort das folgende Schreiben Fichte's vor:

„Hochgeehrter Herr College! Soeben empfange ich die tief mich erschütternde Nachricht von dem Tode Ihres trefflichen, innigst von mir geliebten Vaters. Wie sehr mich dies ergreift und betrübt, vermag ich Ihnen nicht zu sagen; denn das Gefühl der Reue mischt sich hinzu, dass ich immer es verschob, ihn noch einmal persönlich zu begrüssen, ihn unter seinen herangewachsenen Kindern wiederzusehen und vor Allem ihm Aug' in Auge, Hand in Hand zu sagen, mit wie unverwelklicher, ja gesteigerter Liebe ich ihm zugethan sei. Gerade 50 Jahre (1809) ist es her, dass er mich, den jüngeren Schulgenossen, an sich zog und durch eine Freundschaft und Liebe fesselte, welche auf unser beiderseitiges Leben von den wichtigsten Folgen geblieben ist und trotz unserer ganz verschiedenen äusseren Lebensschicksale uns innerlich verbunden erhalten hat. Wir haben uns verstanden und waren gleichgesinnt bis ans Ende, wofür ich seine köstlichen Briefe noch aus den letzten Jahren als theueres Denkmal bewahre. Und so lebe ich auch der zuversichtlichen Hoffnung, dass unser auf ewige Geistesgüter gegründetes Verhältniss mit dem Tode nicht dahin sei, dass ich ihn wiedersehen werde in der Gemein-

schaft mit den vorangegangenen Guten und Edlen, denen er schon hier ebenbürtig war, wenn seine Umgebung dies auch nicht immer erkennen mochte. Rührend und bedeutungsvoll war es mir, dass er in einem seiner letzten Briefe mir schrieb, wie er die jetzt ihm gewordene Musse benutze, um sich durch Betrachtung der ewigen Gesetze der Dinge auf den Eingang vorzubereiten, der unser Aller wartet.

Nun habe ich aber noch eine ernste Bitte und Mahnung Ihnen, dem glücklichen Sohne eines weniger glücklichen Vaters, vorzutragen. Es ist Ihre Sohnespflicht, ihm ein Denkmal zu stiften durch Herausgabe seiner Abhandlungen und durch einen vorangestellten biographischen Abriss. Ihr eigener berühmter Name macht Ihnen dies leicht, und das Gefühl, dass Sie glänzend erreicht haben, was Ihrem Vater bei tiefer Gelehrsamkeit und nicht geringen Geistesanlagen, gehindert durch einen kränklichen Körper und eine aufreibende Berufsbeschäftigung, nicht vollständig gelang, wird Ihnen, neben Ihrer Sohnespietät, dies als eine heilige Pflicht erscheinen lassen. Was ich Ihnen beitragen kann zur Ausführung dieses Werkes, werde ich gern beisteuern.

Mit Hochachtung und theilnahmsvollster Ergebenheit der Ihrige.

Tübingen, den 7. Juni 1859.

Fichte."

Es kam nicht zu der von Fichte gewünschten Herausgabe der Werke seines Freundes, und deshalb mag hier einer der letzten Briefe von Ferdinand Helmholtz eine Stelle finden, von dessen philosophischen Anschauungen Helmholtz stets nicht nur mit Interesse und Pietät, sondern auch mit hoher Achtung vor deren wissenschaftlichem Werthe, zum Theil auch, wie aus vielen späteren Aeusserungen hervorgeht, mit freudiger Zustimmung Kenntniss genommen; derselbe schreibt am 8. Mai 1858 seinem Sohne:

„Zuvörderst danke ich Dir für die Uebersendung des

Heyne'schen Werkes über Hegel und seine Zeit durch den alten Weber, das ist ein sehr tüchtiges und geistreiches Werk, dem ich allerdings mehr Einsicht über Hegel, den Werth seines Systems und seinen Einfluss verdanke, als allem bisher darüber Gelesenen, weil es historisch und psychologisch das System entstehen und sich entwickeln lässt und Hegel immer im Zusammenhange mit seiner Zeit und seiner Umgebung betrachtet. Ueber die Auffassung des Einzelnen und deren Richtigkeit habe ich kein Urtheil, da ich dazu das System zu wenig kenne; aus dem Ganzen geht mir aber überzeugend hervor, dass Hegel durchaus kein Seher, kein Genie, kein über seine Zeit hinausblickender Prophet, sondern nur ein grosses Denktalent war, welches die vielfachen geistigen Errungenschaften und Ansichten seiner Zeit scharfsinnig zu combiniren und mit einander zu einem Begriffssystem zu vereinigen verstand; und weil er sich allseitig und mit gründlichem Fleisse der Resultate der zeitgemässen und treibenden Ideen über Kunst und Wissenschaft und Leben der so höchst erregten und vorschreitenden Zeit zu bemächtigen wusste, und in sie einging, zugleich auch durch die sogenannte durch Schiller und Goethe angehobene, durch die Schlegel, Tieck und Schelling zu ihrer höchsten Glorie ausgebildete göttliche Grobheit und Unverschämtheit der Genialitätsperiode zu imponiren wusste, so gewann er trotz der mangelhaften Sprachgewandtheit, und der Unschönheit seines Styls und seines Vortrages durch Accommodation an den Zeitgeist einen grossen gewaltigen Ruf und Einfluss. Der Hauptirrthum jener ganzen naturphilosophischen Schule besteht in der von ihr behaupteten Identität des Geistes und der Natur. Es ist durchaus unwahr, dass das Geistige nur eine andere Form desselben Gehaltes als der der Materie sei. Wer wird die Abhängigkeit und Wechselwirkung beider von einander leugnen? aber sich bestimmend ist nicht das Identische, sondern gerade das Entgegengesetzte. Der Geist

ist in seiner Verwirklichung, in seinem Zeitlichlebendigwerden allerdings davon abhängig, dass ihm die Natur seinen Körper erbaut, der Körper gehört zu seinem Leben, ist aber nicht eher, weder nach seinem Inhalte, noch nach seiner Form. Der kräftige Geist beherrscht nach seinen individuellen Zwecken den schwächlichsten Körper ganz anders als der schwächliche Geist den gesundesten und harmonischsten; und könnte man verschiedenen Individuen dieselben Leiber geben, man würde sich bald überzeugen, wie verschieden trotzdem das Leben sich nach der geistigen Individualität gestaltet. Ebenso üben Klima, Bodenverhältnisse und Naturproducte ihren nicht zu leugnenden Einfluss auf die Entwickelung des Lebens und der Bestrebungen der Völker, aber in denselben Ländern haben sich ja nach ihrer ursprünglichen Anlage die verschiedenartigsten Völker entwickelt. Man denke an Griechenland, Vorderasien, Syrien, Nordafrika u. s. w.; die Natur bietet dem erwachenden Geist zwar Stoff, Werkzeug und Form; was er aber daraus macht, und wie weit er es benutzt, das hängt allein von ihm ab, wenn er gleich ohne jene Gaben nicht wirklich leben kann. Schafft doch jeder individuelle Organismus aus demselben Stoffe ganz etwas anderes, als der andere. Ebenso wenig wie der Geist die Entwickelung der Natur aus sich, z. B. der Weltkörper und Kräfte beherrscht, ebenso wenig beherrscht die Natur den Geist oder fällt auch nur mit ihm zusammen; es besteht vielmehr die ganze Entwickelung des Lebens in der Loslösung des Geistes, in dem Erwachen desselben, in der Vollziehung der Möglichkeit des eigenen, immer selbständigeren Lebens, welche ihm durch seinen natürlichen Leib geboten ist. Der Leib bedingt das Leben des Geistes als eines ganz anderen, der, sowie er seine Bedingung zum Leben benutzt hat, nun wieder umgekehrt den Leib bestimmt und innerhalb einer gewissen Grenze bedingt; ja, mit dem Aufgeben dieser Bestimmung hört auch sein Leib auf, ein selbständiges und individuelles Le-

bendiges zu sein, obgleich er auch nach seinem eigenen natürlichen Gesetze durch sich selbst seinen Kreislauf vollendet, und damit dies zeitliche Leben des Geistes in dieser Körperlichkeit aufhebt, weil er aufhört, Werkzeug und Stoff desselben zu sein; so weit reicht die natürliche Beobachtung, dies ist das Phänomen, aus welchem das Gesetz des Irdischen, d. h. des durch diese Körperlichkeit bedingten Lebens zu erforschen ist. Das weitere kann nur der Geist durch Erforschung seiner selbst, seines von aller irdischen Erscheinung unabhängigen Wesens erfahren und erkennen. Diese Erkenntniss des Geistes an sich und durch sich muss daher eine ganz andere sein als die sinnliche Beobachtung und die auf ihr beruhende Erkenntniss der Sinnlichkeit und ihrer Welt. Hier hat sich der Geist selbst in seinem nicht natürlichen, sondern geistigen Wesen, in seinem nicht zeitlichen und räumlichen, sondern in seinem Ansichleben zu beobachten und zu erkennen, indem er sich lebendig in sich versenkt, und sich aus sich genetisch erzeugend, also a priori, seinen inneren geistigen Organismus, seine Kräfte, seine Ideale anschaut und erfrischt, ihren Ursprung und ihren Anfang suchend, und so seines göttlichen Wesens sich vergewissernd; und dies hat nach Kant am schärfsten und vollständigsten der ältere Fichte versucht, der noch immer nicht gehörig gewürdigt wird, weil er die höchste Energie des Sich selbst Anschauens, die grösste Schärfe des Durchschauens, Grund und Wesen der Erscheinung im Schauen verlangt, und erst in seiner letzten Zeit es zu einiger Selbstzufriedenheit mit der Klarheit seiner Darstellungsform gebracht hat, während die Meinungen über ihn aus seinen älteren Schriften geschöpft sind und traditionsweise sich fortgepflanzt haben. Er hatte mit dieser Erforschung des reinen Geistes so viel zu thun, und das Interesse der staatlichen, sittlichen und religiösen Ideen beherrschte ihn so ganz, dass er, so oft er sich vornahm, auch das Gebiet der Natur in seine Speculation zu ziehen,

wenigstens insofern es im Verhältnisse zum Geiste steht, er wohl das Fremdartige fühlte, und einsah, dass er hier mit seinem Forschen von ganz anderem Wissen und Forschen abhängig sei, und es nur zu ganz allgemeinen Postulaten, die der Geist aus sich an die Natur stellte, brachte, übrigens aber die a priorische Construction einer bestimmten wirklichen Natur vom Wesen aus für unmöglich erklärte, weil es für die Entwickelung des Geistes zum Selbstbewusstsein, zur Familie, zum Staate und zur sittlichen Gemeinde ganz gleichgültig sei, ob eine so oder anders bestimmte Natur das Erwachen des geistigen Lebens bedinge, wenn nur überhaupt eine zum Werkzeuge des Geistes geeignete Natur vorhanden ist, ebenso wie der rechte Mensch jedes äussere Schicksal, mag's beschaffen sein wie es wolle, für eine göttliche Aufgabe nimmt, an deren Lösung und Bewältigung er in geistiger Kraft und Einsicht sich fördern soll. Auf diesen Standpunkt der Beobachtung des Geistes als eines sich durch sich, aus sich bestimmenden gründet sich nun der Vorwurf geistigen Stolzes, dass Fichte das Ich zum Schöpfer der Welt, ja zum Absoluten mache, obgleich er an die Spitze der Wissenschaftslehre den Satz stellt: Das Wesen mit seinem ganzen Inhalte ist Erscheinung, Bild eines in ihm in der Form des Selbstbewusstseins dargestellten absoluten Seins; aber dieses Sein, dessen Bild es seinem Inhalte nach ist, ist nicht das sinnlich wahrnehmbare der objectiven Welt, diese ist selbst nur eine andere Seite der Erscheinung des absoluten Seins, und die Bedingung, dass es zu jener ersten Erscheinung komme. Uebrigens leitet er die Ichform, das Selbstbewusstsein selbst ab aus dem Begriffe der Erscheinung, hinzufügend, dass alles in der Form der Erscheinung liegende, also durch sie begründete und aus ihr stammende von dem absoluten weg zu denken sei, von dem wir in formeller Hinsicht also nur Negatives, nichts Positives wissen können, während sein Inhalt, sein Wesen, die ganze unendliche Herrlichkeit der

Ideale in der sich selbst erkennenden Erscheinung zum Bewusstsein und Leben kommen; damit sie das können, dazu gehört ein strenges Erkennen des rein formellen in der Erscheinung, und nicht in Gott gegründeten, also alles Relativen, Zeitlichen, Räumlichen und Ichlichen. Durch sie allein kann es zu einem reinen Gott-Schauen und Gott-Leben kommen; denn ein Gott-Begreifen ist nicht möglich, weil jedes Begreifen das Begriffene als in einem anderen enthalten und durch dasselbe bedingt setzt, also die Absolutheit negirt. In dieser Ueberzeugung, dass in jedem Menschen das göttliche Wesen lebendig werden solle und könne, so bald er sich nur zur sittlichen Freiheit entwickele, zu einem reinen, nicht mehr von der unverstandenen, ihm fremdartigen Natur beherrschten Leben in sich und aus sich, wurzelt die moralische Grösse und Energie Fichte's, seine zermalmende Consequenz, sein prophetischer Blick (denn wenn man seine frühesten historischen Werke liest, so kann man es kaum glauben, dass sie so lange vor den darin vorher verkündeten Erscheinungen geschrieben sind), seine Consequenz, und dass er sich durchaus durch keine noch so drohende Lebenslage in seiner Grundansicht von Recht, Pflicht, Sittlichkeit und Religion bestimmen lässt. Wie erhaben und gross steht er in dieser Beziehung Hegel gegenüber, der in allen seinen historischen Voraussagungen sich getäuscht, und seine Ansicht von Staat und Kirche so vielfach nach den Umständen gemodelt hat, dessen unglücklicher Satz: alles Wirkliche ist vernünftig und alles Vernünftige ist wirklich, zwar von der Einheit der ganzen unendlichen geistigen und materiellen Welt aus es für einen göttlichen Standpunkt halten mag, der die Unendlichkeit in ihrem Totalbilde erblickt, gewiss aber die schädlichsten Folgen haben muss, wenn er für irgend ein einzelnes zeitliches Individuum oder System der Zeit gelten soll, für welches der Satz nur heissen kann: alles Wirkliche soll vernünftig werden, und alles Vernünftige ist noch nicht

wirklich, soll es aber werden. Das letztere ist die Ansicht des lebendigen, göttlichen Werdens und unendlichen Strebens, das erstere dagegen die des mit aller Unvollkommenheit Sichbefriedigens. Eben so unheilvoll ist seine Auffassung des privaten und öffentlichen, socialen, künstlerischen und religiösen Lebens der Griechen, zu der er sich wahrscheinlich durch Goethe verführen liess, dem der Kant'sche Imperativ zu wenig die individuelle Freiheit zu beachten schien. Wie war ein solcher Rückschritt nach den gerade hierin so grossen Leistungen Kant's und Fichte's für den ernsteren und tieferen Wahrheitsforscher möglich! Daher kann man sich nicht verwundern über das begeisterungslose, genusssüchtige, sophistische Leben so mancher seiner Schüler, die, weil sie alle positiven Ideale verloren hatten, zuletzt in den krassesten Materialismus verfielen.

Gegenüber dieser Erkenntniss des Geistes in und durch sich, welche durch Kant und Fichte einen so grossen, die übrige Einsicht überholenden Fortschritt gewonnen hat, und die gewissermaassen als der Schlussstein des christlichen Mittelalters zu betrachten ist, welches eben nur das Leben in und aus dem Geiste anstrebt, und das Leben in und aus dem Fleische als das böse, teuflische und zu vernichtende ansah, dem darum die ganze Natur und alle Erkenntniss derselben Teufelswerk war, und der Körper nach indischer Ansicht eine Fessel der Seele, die ihr zur Strafe angelegt und zur Prüfung, scheint mir die nächste Forderung der Zeit, wie sie auch der Trieb der Gegenwart ausspricht, ebenso die Natur fürs erste aus sich, in sich und durch sich zu erkennen, indem man sich selbst als Geistiges fürs erste liegen lässt und aus sich herausschaut, wie das Nicht-Ich beschaffen sei. Das giebt fürs erste den Standpunkt des Materialismus, der berechtigt ist zu der Aufgabe, das Gesetz und Leben der Natur in uns aus sich zu erforschen, und diese so weit selbständig zu lösen versuchen

mag, als er's vermag: nur bedenke er seine Aufgabe und die Grenzen seines Gebietes und greife nicht in das rein Geistige des Staates, der Moral und Religion hinüber, denn dies sind keine Producte und Erscheinungen der Natur, sondern des Geistes, und wer sie aus der materiellen Welt ableiten wollte, der zerstörte ihr höheres Wesen, der zerstörte den menschlichen Stolz und profanirte unsere heiligsten Güter, welches eben die ewigen, rein geistigen sind. Freilich verlangt Erkenntniss rücksichtslose Hingabe an ihr Object; und wie schwer es sei, bei diesem Gerechtwerden der Natur als einer Macht und einem Leben aus und für sich das Bewusstsein seiner Geistigkeit und ihrer Wahrheit und seines Werthes nicht zu verlieren, das zeigt leider zu sehr die Gegenwart mit ihrem Versinken in die Sinnlichkeit, im Erkennen, Wissen, Leben und Kunst: selbst das Erkenntnissvermögen des Geistigen, weil nicht geübt, scheint verloren, während das des Materiellen so gewaltig an Kunst und Ausbildung zunimmt. Wohin aber ein solches Aufgeben der geistigen Güter und ein solches sich versenken in die Sinnlichkeit führt, davon ist ein entsetzliches Beispiel die römische Kaiserzeit, beginnend mit den Triumviraten, die freilich auch zeigt, welche ungeheure Verschleuderung aller sinnlichen Kräfte dazu gehörte, um römische Geisteskraft endlich zu überwinden und zu vernichten: unsere schwächlichen Charaktere würden der Vernichtung viel leichter anheimfallen. Deshalb ist es vielleicht historisch nothwendig, selbst wenn die Erkenntniss der Natur dazu noch nicht ausreicht, und die Lösung der Aufgabe darum eine mangelhafte bleiben muss, doch immer vorläufig zu versuchen, das Verhältniss von Natur und Geist, die Einheit der Pole, den Indifferenzpunkt des Allgemeinen wie des Individuellen, des geistigen wie des natürlichen Lebens zu erkennen, also in den Quell und Mittelpunkt beider Welten sich zu versetzen, und zu versuchen, ob man sich seiner noch nicht bemächtigen kann, wenn man auch das Bewusst-

sein hat, noch nicht vollkommen dazu ausgerüstet zu sein; denn der Fortschritt des Geistes in sich darf und soll nicht stille stehen, weder in den Individuen noch in den Völkern, wenn sie nicht zu Grunde gehen sollen. Ein Schutzmittel gegen das Verlieren der höheren Geistigkeit ist freilich das Gefühl für die Schönheit der sinnlichen Form, weil sie eben das unbewusste Durchdringen des Natürlichen mit dem Geiste ist (denn an sich ist das Materielle nicht schön, erst durch den beseelenden Gedanken wird es dazu, und gerade das Ergriffenwerden des Geistes von der Schönheit der materiellen Form zeigt, wie durchaus die letztere in ihrer höheren Bedeutung und Qualität von dem geistigen durchdrungen erst ihre Bedeutung und Bestimmung erhält). Möchten darum wenigstens Poesie und Kunst überhaupt das Bewusstsein des höheren Geistigen für den natürlichen Menschen immer mehr beleben, in denen die Harmonie und Einheit zwischen Geist und Natur wenigstens für das Gefühl dargestellt ist, was auch für die Erkenntniss und das ganze Leben zu erreichen, das höchste Ziel, das ewige Soll des individuellen Lebens ist. Das war es am Ende, was Goethe fühlte; der kategorische Imperativ soll mit dem Gesetze des Schönen, welches freilich ein individuelles ist, ja erst in der vollkommensten Individualisirung der allgemeinen Idee erreicht wird, sich aussöhnen; die Sittlichkeit soll keine einseitig überspannt geistige, für alle gleiche, sondern zugleich in natürlich schöner Form eine individuelle sein .... Kurz die höchste dermaleinstige Aufgabe ist die Versöhnung des christlichen mit dem griechischen Ideale des Menschen, aber nicht die Aufopferung des einen für das andere, wie bei Hegel. Daher stammt denn auch jene unsinnige Wuth der Hegelianer gegen den christlichen Staat, christliche Kunst und Wissenschaft, weil sie immer in ihrer religiösen Blindheit christlich und kirchlich verwechseln. In dieser Versenkung der Zeit in den Materialismus gründet sich denn auch der Irrthum, dass sie nicht bloss die Natur, sondern auch

den Geist als ein Seiendes, und nicht als ein ins Unendliche Werdendes betrachten. Selbst die Natur ist ein Werdendes, sich Entwickelndes, denn auch sie ist ein Lebendiges, wenn auch kein Beseeltes, das zeigt ja vor allem die Geologie; und sie muss es sein, wenn sie fortwährend die lebendige und lebensfähige Materie und Form des Geisteslebens bleiben soll, und sie muss es aus sich sein, nicht bloss durch den fortwährenden Einfluss des Menschengeistes gemodelt. Hier ist das Feld der Wunder, d. h. nach der ewigen Vorherbestimmung Gottes fallen gewisse Naturbegebenheiten mit gewissen geistigen Revolutionen und Begebnissen, die durch jene erst ermöglicht werden, zusammen. Dass aber der Geist ein ins Unendliche Werdendes ist, das zeigt die mit jeder errungenen Stufe ins Unendliche sich erweiternde Aufgabe der Erkenntniss, das nie erreichte Ideal.

So viel ich nun auch noch im Einzelnen über das Buch zu sagen hätte, so würde mein Brief ein Buch werden, und Deine Zeit, die durch Deine bestimmte Aufgabe so sehr in Anspruch genommen ist, zu sehr beanspruchen, weshalb ich hiermit diese Betrachtungen schliesse . . . .“

Von der Beerdigung zurückgekehrt, fand Helmholtz auch nicht Trost im eigenen Hause; die Gesundheit seiner Frau verfiel unrettbar, anfangs kaum bemerkbar, schliesslich unaufhaltsam. „Keine Abwehr half“, schreibt ihre Schwester, „und endlich erlosch jede Hoffnung; Heidelberg hat nur noch den Schatten ihres eigenen Selbst gesehen.“ Helmholtz selbst litt sehr unter all’ diesen Aufregungen; auf ärztlichen Rath musste er, da seine Migräneanfälle häufiger und stärker eintraten, und zu ernsten Bedenken Anlass gaben, mit Beginn der Herbstferien die Schweiz aufsuchen, wo er in den letzten Jahren stets Linderung und Erholung gefunden. Aber er wurde durch beängstigende Nachrichten über das Befinden seiner Frau schon nach kurzer Zeit nach Heidelberg zurückgerufen, und hatte nun schwere und traurige Monate zu durchleben, während deren

er nur in der angestrengtesten geistigen Arbeit Muth und Vergessen fand.

Zunächst setzte er seine im Sommer begonnenen Arbeiten über Flüssigkeitsreibung fort, von denen er schon Ludwig unmittelbar nach dem Tode seines Vaters, am 13. Juni, Kenntniss gegeben:

„Mit Piotrowski habe ich jetzt eine Arbeit über Flüssigkeitsreibung vorgenommen, wo er den experimentellen Theil ausführt. Daraus werden, wie ich hoffe, die hydrodynamischen Fundamentalgleichungen mit Berücksichtigung der Reibung hervorgehen. Dann wäre nachher jede specielle Aufgabe von Flüssigkeitsbewegung auf eine mathematische Aufgabe reducirt, aber freilich wird sich diese in den wenigsten Fällen lösen lassen.“

Und als er in der Arbeit schon weiter vorgerückt war, schreibt er am 30. August W. Thomson:

„Gegenwärtig bin ich mit Versuchen über die Reibung der Flüssigkeiten beschäftigt, die den Zweck haben, zu prüfen, ob eine gewisse Form der hydrodynamischen Gleichungen, welche ich mir mit Berücksichtigung der Reibung zusammengesetzt habe, richtig sei.“

Indem er ihm diese Gleichungen mittheilt, fügt er hinzu:

„Ich höre, dass Professor Stokes eine Arbeit über die Bewegung der Flüssigkeiten unter dem Einfluss der Reibung veröffentlicht habe in den Cambridge Transactions, kann diese aber hier in Deutschland nicht auftreiben. Können Sie mir vielleicht gelegentlich melden, ob Ihnen diese Arbeit bekannt ist, in welchem Bande sie steht und ob darin dieselben oder andere hydrodynamische Gleichungen aufgestellt sind.“

Aber die Ausführung dieser äusserst schwierigen mathematischen Arbeit, welche die grösste Concentration des Geistes verlangte, wird durch die stete Angst und Sorge um das Leben seiner Frau hingehalten, und er sucht sich

zunächst mit leichteren experimentellen, optischen und akustischen Fragen zu beschäftigen, welche Ergänzungen seiner früheren Untersuchungen bilden.

An seinen auf der Naturforscherversammlung in Karlsruhe im September 1858 gehaltenen Vortrag „Ueber Nachbilder“ anknüpfend, dessen Inhalt er zum Theil schon in demselben Jahre in den Niederrheinischen Sitzungsberichten niedergelegt hatte, hielt er in Heidelberg am 11. November 1859 im naturhistorisch-medicinischen Verein einen Vortrag über „Farbenblindheit“. Zunächst hob er hier hervor, man dürfe die Lehre von den drei Grundfarben nicht in dem Sinne festhalten, dass aus drei objectiv existirenden Farben alle anderen objectiv existirenden Farben zusammengesetzt werden können, da aus den Spectralfarben, als den gesättigtsten Farben, welche wir kennen, wie immer man auch drei derselben auswählen mag, nicht alle anderen Spectralfarben sich zusammensetzen lassen wegen der immer mehr oder weniger weisslichen Färbung der Mischung. Davon unabhängig ist aber die Annahme von Young, dass es drei Hauptfarbenempfindungen giebt, und diese drei Fasersysteme vertheilt sind, welche sämmtlich von allem objectiven Lichte erregt werden können, aber in verschiedener Stärke, so dass sie qualitativ verschiedene Empfindungen hervorbringen, wobei die Wahl der Grundfarben noch bis zu einem gewissen Grade willkürlich bleibt; jedenfalls würden die Spectralfarben die einzelnen Grundempfindungen noch nicht rein und von den beiden anderen getrennt erregen, und dies würde sich mit dem vereinigen lassen, was Helmholtz in seiner Theorie der Nachbilder entwickelt, dass es noch gesättigtere Farbenemfindungen als die durch die Spectralfarben hervorgebrachten giebt. Um die Aufrechterhaltung der Young'schen Hypothese zu stützen, untersuchte Helmholtz einen Farbenblinden mit Hülfe des Maxwell'schen Farbenkreisels, welcher gestattet, für gesunde Augen mit Hinzunahme von Weiss durch Mischung

von drei passend gewählten Grundfarben, welche auf Sectoren mit veränderlicher Breite aufgetragen sind, eine beliebig gegebene Farbe herzustellen, und fand eine Bestätigung der Maxwell'schen Untersuchungen darin, dass für dessen Augen alle Farben durch Mischungen von Gelb und Blau wiedergegeben werden können, dass diesen farbenblinden Augen somit eine der Grundempfindungen fehlte. Indem er nun nach solchen Farben suchte, welche der Farbenblinde mit neutralem Grau verwechselt, wurden als solche Roth und Grünblau gefunden, von denen das Roth demselben als ein dunkles Grau, das complementäre Grünblau als ein sehr helles Grau erschien, während sich das farbenblinde Auge nur sehr wenig empfindlich gegen Roth erwies. So war festgestellt, dass Roth eine der Grundfarben ist; Helmholtz nannte Farbenblinde dieser Art die Rothblinden, bei denen somit nach der Young'schen Theorie eine Lähmung der rothempfindenden Nerven anzunehmen ist. Er hielt es für wahrscheinlich, dass die andere Klasse der bisher als farbenblind Bezeichneten die Grünblinden sind, obwohl die Untersuchung damals noch nicht durchgeführt war, welche mit Hülfe des Maxwell'schen Kreisels für Farben, die dem Farbenblinden nahehin gleich erscheinen, feststellt, ob der noch vorhandene Unterschied den Farbenton oder den Grad der Sättigung betrifft.

Doch seine Arbeitsfähigkeit erschöpfte sich allmählich, der Zustand der von ihm so innig geliebten Frau wurde immer trauriger; ihre Verwandten übernahmen den Haushalt und sorgten in unermüdlicher Ausdauer und Liebe für die Pflege der Kranken und das Gedeihen der Kinder.

„Es war mir vergönnt", schreibt ihre Schwester, „bis zum letzten Hauch um sie zu sein; sie starb klar, stark, schlicht wie sie gelebt — den Freund zur Seite und ohne Zagen, wie immer schon im Leben, dem Höchsten zugewendet — am 28. December 1859."

Er selbst schreibt nach der Bestattung an Binz, damals Arzt in Neapel:

„Bester Herr Doctor! Das letzte kleine Fest, welches meine liebe arme Frau gegeben hat, war jener Tag, den Sie mit Junge bei uns waren. Ich trat bald darauf meine Schweizertour an. Während der Zeit brach in Heidelberg eine Epidemie catarrhalischer Fieber aus, welche von jeher die grössten Feinde meiner Frau gewesen sind. Sie wurde befallen, und das Fieber ging unmittelbar in hektisches über. Die Nachricht erreichte mich spät; als ich 14 Tage nach ihrer Erkrankung zurückkam, fand ich sie furchtbar verändert. Bis Ende October stand sie noch täglich einige Stunden auf, von da ab lag sie, oder sass in Betten gepackt auf dem Sopha. October und November waren furchtbar quälend, das Fieber sehr energisch, fast täglich hysterische Brustkrämpfe, grosse Unruhe, Delirien. Anfangs December musste ich sie auf die Wahrscheinlichkeit ihres Endes vorbereiten. Sie hatte das oft verlangt, und sie wurde von da ab wunderbar ruhig, ordnete alles mit der grössten Ausführlichkeit. Das Fieber wurde mässiger, die hysterischen Zufälle hörten auf, ich glaubte, die neu gebildete grosse Caverne würde sich eine Wand mit schwacher Absonderung organisiren, und ein Stillstand wenigstens bis zum Frühling eintreten. Aber am 23. December trat Abends ein furchtbarer Erstickungsanfall ein, Friedreich vermuthete eine Embolie der Art. pulm. Sie verlor die Besinnung und wurde kalt und pulslos gleich einer Sterbenden, und blieb auch so während des 24. Noch zweimal am 24. schien die Respiration zu erlöschen. Sie nahm Abschied von uns, tröstete uns in der friedlichsten und erhabensten Weise, so dass mir von diesem furchtbaren Tage ein so hohes Bild ihrer Seele zurückgeblieben ist, dass es mir über das Grässliche des körperlichen Sterbens hinweggeholfen hat.

Vom 24. Abends hob sich ihr Puls wieder, sie wurde wieder warm, bekam den Gebrauch ihrer Sinne wieder, nur

war sie furchtbar matt und kurzathmig. Deshalb jammerte sie, dass es noch nicht vorüber sei. Sie hatte noch ziemlich gute Nächte, liess sich vorlesen. Endlich am 28. früh, als sie sich eben wollte nach dem Sopha hinüberbringen lassen, trat ihr eine übermässige Menge von Sputis in die Luftröhre, und in weniger als 5 Minuten war sie erlöst.

Ich habe das reinste und höchste Glück genossen, welches die Ehe bieten kann; es war für diese Erde zu schön.

Am Sylvesterabend haben wir sie bestattet. Meine Schwiegermutter bleibt bei mir und den Kindern. — Für Ihre freundlichen Anerbietungen, für meine Frau in Neapel zu sorgen, noch den besten Dank. Ich weiss, dass sie aufrichtig gemeint waren und treu erfüllt worden wären, aber es war zu spät.“

Ein einfacher Stein schmückt das schön gelegene Grab auf dem Heidelberger Kirchhof, und trägt die Inschrift:

„Gesegnet sei die reiche Saat der Liebe, die sie hienieden ausgestreut.“

Mehrere Monate hindurch war Helmholtz durch den schweren Schicksalsschlag, der ihn getroffen, zu jeder geistigen Anstrengung unfähig; er schreibt am 9. April 1860 an Donders:

„Ich sage Ihnen und den Ihrigen meinen herzlichen Dank für die Theilnahme, die Sie mir bei meinem schweren Verluste gewidmet haben. Ich konnte nicht eher dazu kommen, Ihnen zu antworten, weil ich lange körperlich leidend war. Ich war durch die vielen nächtlichen Störungen und die Gemüthsbewegungen in den letzten Monaten des vorigen Jahres in einen Zustand nervöser Irritation versetzt, dass ich keine Stunde hinter einander schreiben konnte, ohne heftige Kopfschmerzen oder fieberartige Aufregungen zu bekommen. Es war eine schwere Zeit. Da ich nicht arbeiten konnte, hatte ich auch das Hauptwiderstandsmittel gegen das Gefühl der Vereinsamung und

Interesselosigkeit an der Welt eingebüsst. So habe ich zwei Monate langer Tage und endloser Nächte hingebracht. Seit Anfang März konnte ich mir wieder durch Arbeit aufhelfen."

Der erste Brief, in dem wieder eine wissenschaftliche Frage erörtert wird, ist in der That der erst am 16. März an Wittich gerichtete, welcher die folgende in akustischer Beziehung interessante Stelle enthält:

„.... Es thut mir sehr leid, dass Sie auf eine für Sie selbst so unangenehme Weise für die Physiologie interessant werden. Ihr Doppelhören ist allerdings ein seltsames Phänomen. Uebrigens ist so viel sicher, dass ein Ton von bestimmter Schwingungsdauer die Theile des Gehörapparates immer nur in Schwingungen von derselben Schwingungsdauer versetzen kann. Es kann durch Veränderungen des Trommelfelles, der Paukenhöhle u. s. w. wohl die Stärke der Zuleitung verändert werden, aber niemals die objective Tonhöhe. Es muss also in Ihrem Falle die Empfindung der Tonhöhe verändert sein. Ich weiss dies mit meiner Ansicht über die Leistungen des Hörnerven nur dadurch zu vereinigen, dass ich annehme, die Corti'schen Organe seien selbst durch veränderten Druck der Flüssigkeit, der Membranen oder wohl noch eher durch veränderte Quellung im Labyrinthwasser, dessen Dichtigkeit durch die Entzündung etwas verändert sein kann, etwas verstimmt, so dass der elastische Anhang der für a bestimmten Nervenfaser, welcher sonst für a mitschwingt, jetzt auf b mittönt, so dass, wenn b angegeben wird, die a-Faser in Regung versetzt wird und Sie demnach auf dem kranken Ohr a zu hören glauben. Uebrigens wäre es doch wünschenswerth, dass Sie auch den Gegenversuch machen, ob Sie zwei verschiedene Stimmgabeln gleich hören können, wenn die höhere vor das kranke, die tiefere vor das gesunde Ohr gehalten wird."

In Folge der durchlebten Aufregungen und Anstrengungen stellten sich Ohnmachtsanfälle, die schon in den

letzten Jahren öfters auftraten, jetzt häufiger ein; „vor Pfingsten", schreibt er am 27. Juni, „mitunter täglich zweimal, später sind die Anfälle seltener und leichter geworden, so dass ich mich während derselben aufrecht halten kann, wenn es sein muss". Dennoch zwingt er sich zur Arbeit, die allein ihm Widerstandskraft geben kann; noch im Laufe des März beendet er die im vorangegangenen Sommer Ludwig und Thomson angekündigte, in Gemeinschaft mit Piotrowski unternommene Arbeit, von welcher letzterer den experimentellen Theil nach seiner Anleitung ausgeführt hatte, und legte dieselbe am 12. April 1860 unter dem Titel „Ueber Reibung tropfbarer Flüssigkeiten" der Wiener Akademie vor.

Die Bewegungsgleichungen für das Innere einer tropfbar flüssigen Masse, welche der Reibung unterworfen ist, waren schon früher von Poisson, Navier und Stokes entwickelt, und auch für die Bewegung einer Flüssigkeit in sehr engen und sehr langen Rohren durch das Experiment Resultate ermittelt worden, welche mit der Theorie in Uebereinstimmung standen; aber es erwies sich unausführbar, ähnliche mit der Theorie vergleichbare Versuche an anderen Röhren als an capillaren anzustellen. Helmholtz unternahm es nun, einen zweiten Fall von Flüssigkeitsbewegungen zu untersuchen, dessen Theorie vollständig aus den hydrodynamischen Gleichungen für reibende Flüssigkeiten hergeleitet werden kann, um daraus von Neuem die bisher nur aus den Poiseuille'schen Beobachtungen abgeleitete Constante für die innere Reibung des Wassers zu ermitteln und dieselbe mit den Beobachtungen zu vergleichen. Es gelang ihm dies für die Bewegung des Wassers in einer innen polirten und vergoldeten Hohlkugel, indem das kugelförmige Gefäss mittelst eines besonderen Apparates in reine Schwingungen um seine senkrechte Aufhängungsaxe versetzt und die durch die Flüssigkeit bewirkte Verzögerung der mit Spiegel und Fernrohr beobachteten Schwingungen gemessen wurde. In diesem Falle

konnte aus den Beobachtungen die Kraft, welche die in dem Gefäss enthaltene Flüssigkeit auf die Wände des Gefässes ausübt, experimentell bestimmt und mit dem aus der mathematischen Theorie der Flüssigkeitsbewegung hergeleiteten Kraftausdrucke verglichen werden. Er vereinfacht die hydrodynamischen Gleichungen dadurch, dass er die Schwingungen der Kugel so klein macht, dass die Quadrate der Geschwindigkeit gegen die erste Dimension derselben verschwinden, und so gelingt es ihm unter der Annahme, dass als äussere Kraft nur die Schwere wirkt, particuläre Integralgleichungen zu finden, welche die Geschwindigkeitscomponenten des in einem bestimmten Punkte zu einer bestimmten Zeit befindlichen Wassers als Product der Coordinaten in eine Function der Zeit und der Entfernung des Punktes vom Anfangspunkt der Coordinaten ausdrücken. Diese Function genügt einer der bekannten Potentialgleichung der Kugel analogen Differentialgleichung, die hier nur noch ein Glied besitzt, welches die Reibungsconstante für das Innere der Flüssigkeit als Factor enthält, und man kann die Form der diesen Integralgleichungen entsprechenden Bewegung dadurch beschreiben, dass die Wassermasse in concentrische Kugelschalen zerfällt, deren jede gleichsam wie eine feste Kugelschale drehende Bewegungen um die Richtung der Schwere ausführt. Durch Zerlegung jener Function, welche die Winkelgeschwindigkeit der Drehung charakterisirt, in eine von der Zeit linear abhängige Exponentialfunction und einen nur von der Entfernung abhängigen, von der Zeit unabhängigen Factor kann er das allgemeine Integral der gewöhnlichen Differentialgleichung aufstellen, welche diesen zweiten Factor charakterisirt, und daraus ergeben sich in einfacher Weise die Integrale der Bewegungsgleichungen für die im Innern einer Hohlkugel befindliche tropfbar flüssige und der Reibung unterworfene Masse. Da nun vorausgesetzt war, dass keine Kräfte ausser der Schwere auf das Innere der Wassermasse ausgeübt werden, so können die Kräfte, welche sie in Bewegung setzen,

nur auf die äusserste Schicht wirken, und zwar wird diese von dem Gefäss, mit dem sie in Berührung ist, durch Reibung bewegt; sie haftet also an der inneren Gefässwand nicht fest, sondern gleitet an ihr hin. Benutzte man die bekannten analytischen Ausdrücke für die Componenten der Kraft, mit welcher eine bewegte Flüssigkeit auf eine oberflächliche Schicht wirkt, und bemerkte, dass in dem behandelten Falle dieser Kraft, welche das bewegte Wasser auf seine äusserste Schicht ausübt, das Gleichgewicht gehalten werden muss durch die Kraft, welche die Gefässwand auf die äusserste Wasserschicht ausübt, so liess sich zunächst nachweisen, dass die durch die gefundenen Integrale vorgeschriebene Bewegung des Gefässes den Bedingungen von Piotrowski's Versuchen genügt. Helmholtz war nun im Stande, mit Hülfe der Vergleichung der Versuche und der theoretisch gefundenen Ausdrücke die Constanten für die innere Reibung verschiedener Flüssigkeiten zu berechnen, deren Werth nach der Natur der Flüssigkeit und ihrer Temperatur verschieden ist. Doch traten den Versuchen grosse Schwierigkeiten entgegen, indem dieselben zu bestätigen schienen, dass die chemische Beschaffenheit der Wand auf die Bewegung der Flüssigkeiten nicht in allen Fällen einflusslos ist.

Unmittelbar darauf hielt er am 27. April im naturhistorisch-medicinischen Verein einen Vortrag „Ueber die Contrasterscheinungen im Auge“, in welchem er anschliessend an seine Theorie der Nachbilder bestrebt war, diese beiden Erscheinungen zu trennen und für die wirklichen simultanen Contrasterscheinungen besondere Untersuchungsmethoden zur Vermeidung der Nachbilder zu liefern. Indem er das bekannte Phänomen des Contrastes in Bezug auf die günstigsten Bedingungen für das Zustandekommen desselben prüft, findet er, dass diese Bedingungen im Phänomen der farbigen Schatten vereinigt sind. Bei deren Beobachtung durch eine geschwärzte Röhre erhält sich die Vorstellung der Farbe wie sie sich zuvor gebildet hatte, auch wenn ihre Bedingung wegfällt, so

lange man nicht andere Stellen des Gesichtsfeldes vergleichen kann; in homogen rother Beleuchtung zeigen sich die lichtarmen Partien complementär grün gefärbt in Folge der Ermüdung der Netzhaut. Helmholtz vermuthet, dass das Zustandekommen der wirklichen Contrasterscheinungen auf einer Täuschung des Urtheils beruht; wir können richtig vergleichen, wenn die zu vergleichenden Stellen im Gesichtsfelde unmittelbar an einander liegen, räumliche Trennung dagegen und Aufeinanderfolge in der Zeit schwächen die Sicherheit der Empfindung; er stellt diese Erklärungsweise der älteren Annahme einer wirklich veränderten Nervenerregung entgegen.

Von der Fechner'schen Theorie der Nachbilder ausgehend, welche nur in denjenigen Fällen keine sichere Erklärung der Erscheinungen liefert, wo die Complication der zusammenwirkenden Umstände den Mangel motivirt, macht nun Helmholtz den Versuch einer theoretischen Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Gesichtseindrücke. Da Fechner zwei Erklärungsgründe aufstellt, auf welche er die Mannigfaltigkeit der hierher gehörigen Erscheinungen zurückführt, nämlich die Nachdauer der Reizung und die durch vorausgegangene Reizung herbeigeführte Ermüdung der Nervenapparate des Auges, so wird bei den Farbenerscheinungen der Nachbilder jeder dieser Vorgänge in jeder der von der Young'schen Farbentheorie angenommenen drei Arten von Nervenfasern in Betracht kommen. Es ergeben sich somit sechs Grössen von veränderlichem Werthe, von denen die Helligkeit und Farbe eines unter gewissen äusseren Bedingungen der Erleuchtung beobachteten Nachbildes abhängt. Da ein Nachbild positiv ist, wenn die nachwirkende Reizung über die Ermüdung den Sieg davonträgt, negativ im entgegengesetzten Falle, so ist eine Erklärung der complicirten Vorgänge bei mehreren Farben erst dann möglich, wenn bestimmte quantitative Annahmen über die zeitlichen Veränderungen gemacht sind, welche die Erregung und die

Ermüdung der Nervenapparate durchmachen. Da zur Zeit seiner Untersuchung nur wenig wirkliche Grössenbestimmungen vorlagen, beschränkte sich Helmholtz darauf, mathematische Functionen zu suchen, deren Verlauf bei Aenderung der veränderlichen Zeit im Ganzen dem Gange der Erscheinungen wenigstens dem Sinne nach entspricht, wenn auch noch keine genaue Uebereinstimmung wirklich gemessener Grössen nachzuweisen war.

„Wir finden", sagt er in einer schriftlichen Aufzeichnung über diesen Gegenstand, „dass im lebenden Auge zweierlei verschiedene Veränderungen durch das Licht hervorgebracht werden, wenn wir zunächst von der Verschiedenheit der Farben absehen, nämlich Erregung und Ermüdung. Keine von beiden ist in ihrem Verlaufe der Zeit nach direct an die Einwirkung des Lichtes gebunden. Denn wenn dieses aufhört zu wirken, bleibt im dunkeln Felde erkennbar noch eine Zeit lang Erregung der früher von Licht getroffenen Stellen der Netzhaut zurück, und bei Prüfung mit neuer gleichmässiger Beleuchtung des Feldes finden wir noch lange die Spuren der Ermüdung als negative Nachbilder sichtbar. Wir sehen aber auch, wie allmählich während der Ruhe des Auges im Dunkeln diese Zustände schwinden, wobei sie anfangs sehr schnell und deutlich an Stärke abnehmen, während später ihre letzten Reste langsam schwinden, und zwar schwindet die Erregung im Allgemeinen schneller als die Ermüdung. Ich schliesse, dass fortdauernd im lebenden Auge Vorgänge thätig sind, auch schon selbst während der Einwirkung des Lichtes, welche die vorhandene Erregung sowohl, als Ermüdung auf Null zurückzuführen streben, und nehme als den einfachsten mathematischen Ausdruck dieser Thatsache zunächst an, dass die Geschwindigkeit mit der Erregung s schwindet, oder wenn wir mit t die Zeit bezeichnen, der negative nach der Zeit genommene Differentialquotient von s proportional sei der gesammten zur Zeit vorhandenen Stärke der Erregung,

vorausgesetzt, dass nicht gleichzeitig eine Lichtwirkung stattfinde. In ähnlichem Sinne nehme ich für die Veränderung der Ermüdung f an, dass, so lange keine Steigerung durch gleichzeitig vorhandene Erregung stattfindet, wir zwischen f und t eine Differentialgleichung derselben Form haben. Andererseits kann aber auch die Empfindung gesteigert werden durch einen neuen Lichteindruck. Diese Steigerung ist im Allgemeinen keine plötzliche, da sich in jedem Augenblicke zu den vorhandenen Resten der Erregung der neue erregende Eindruck addirt. Wir werden die davon abhängige Steigerung der Erregung der Lichtstärke des Eindrucks proportional setzen dürfen. Dabei ist aber weiter zu berücksichtigen, dass diese Steigerung der Erregung von der gleichzeitig noch vorhandenen Ermüdung abhängig ist, und zwar so, dass die Steigerung desto geringer, je stärker die Ermüdung. Setzen wir für den stärksten Grad, den die Ermüdung erreichen kann, wobei der neue Eindruck gar keine Wirkung mehr macht, $f = 1$, so können wir den Theil des nach t genommenen Differentialquotienten von s, der von dem neuen Eindruck von der Lichtstärke i abhängt, gleich setzen $mi\,(1 - f)$, so dass dieser Differentialquotient gleich ist $- as + mi\,(1 - f)$. Aehnlich wird die Ermüdung gesteigert durch vorhandene Erregung, und desto mehr, je grösser diese ist, und wir wollen deshalb diese Steigerung der vorhandenen Erregung proportional setzen, und erhalten demgemäss als vollständigen Ausdruck für die Aenderung der Ermüdung den nach t genommenen Differentialquotienten von f gleich $- bf + ns$. Die beiden Gleichungen bestimmen dann den Gang beider Veränderungen vollständig. Da die vier Constanten a, b, m und n nur aus den Erfolgen der Versuche zu bestimmen sind, und jedenfalls die Werthe von f und s sich continuirlich ändern, so ist es nicht zweifelhaft, dass innerhalb enger Grenzen der Werthe von f und s die obigen Gleichungen richtig sind. Ob sie innerhalb ausgedehnter Grenzen richtig sind, oder also, ob die vier hier

constant gesetzten Grössen wirklich von s und f unabhängig sind, kann vorläufig nur der Erfolg lehren, die Vergleichung der Consequenzen unserer Gleichungen mit der Wirklichkeit."

Indem nun Helmholtz die Intensität i des in das Auge fallenden Lichtes während der beobachteten Zeit als constant betrachtet und die allgemeinen Integrale der beiden linearen Differentialgleichungen für f und s mit constanten Coefficienten aufstellt, findet er zunächst den Werth, dem sich die Grösse der Erregung bei längerer Andauer der Beleuchtung i immer mehr nähert, und daraus als Maximalwerth der dauernden Erregung des Auges die Grösse $\frac{b}{n}$. Bezeichnet man nun mit F und S die Grenzen, denen sich die Grösse der Ermüdung resp. der Erregung bei längerer Andauer der Beleuchtung i allmählich nähert, so ergiebt sich leicht aus den gefundenen Integralfunctionen, dass, wenn s und f beide im Anfang grösser oder beide kleiner sind als die Werthe S und F, die sie schliesslich erlangen, s zuerst fallend oder wachsend über den Werth S hinausgeht, ein Minimum oder Maximum erreicht und dann wiederum wachsend oder fallend sich dem Werthe S unendlich nähert, während f fortdauernd sinkend oder steigend sich dem Werthe F nähert, und ähnlich, wenn im Anfange $s > S$, $f < F$ oder $s < S$, $f > F$ ist. Der erste dieser Fälle ergiebt nun direct:

„Den Wechsel der positiven und negativen Nachbilder, wenn das Auge dauernd ein constant beleuchtetes Feld oder auch nur das vom Eigenlicht scheinbar beleuchtete Feld der Netzhaut betrachtet, auf welchem vorübergehend ein helleres oder dunkleres Object sichtbar geworden und wieder verschwunden ist. Auf der vom Bilde dieses Objectes getroffenen Stelle der Netzhaut ist im ersteren Falle Erregung und Ermüdung gleichzeitig gesteigert, im letzeren gleichzeitig vermindert. Nach dem Verschwinden des Objectes gehen Erregung und Ermüdung der getroffenen Stelle allmählich

wieder zu dem Endwerthe zurück, auf dem die übrigen Theile der Netzhaut dauernd geblieben sind. Das positive Nachbild entspricht der Periode, wo die Erregung diesen Endwerth noch nicht erreicht hat, das negative der Periode, wo sie darüber hinausgegangen ist, was in diesem Falle immer geschieht. Der Zeitpunkt des Wechsels zwischen negativem und positivem Bilde wird gefunden, wenn wir den Werth von t suchen, für welchen s die Grösse S erreicht. Je mehr die Erregung, je weniger die Ermüdung von ihrem Endwerthe abweicht, desto länger dauert das positive Bild. Hierzu ist eine sehr kurze Dauer des Eindruckes günstig. Ferner ist unter übrigens gleichen Umständen vortheilhaft für die Dauer t des positiven Bildes, dass die Grösse der Intensität der dauernden Beleuchtung gering sei, was in der That bei den Versuchen sich zeigt, bei denen das positive Bild am längsten im ganz dunkeln Felde zu sehen ist. Je länger die Zeit t ist, desto kleiner wird" — wie sich aus den Exponentialgrössen der Integrale ergiebt — „die Intensität des negativen Bildes werden. Im ganz verdunkelten Gesichtsfelde, wo nur die inneren Ursachen noch erregend auf die Netzhaut wirken, wird das negative Bild überhaupt nur sichtbar, wenn das Verhältniss des End- und Anfangswerthes von f zu dem Endwerth durch sehr starkes Licht oder längeres Einwirken desselben ziemlich gross geworden ist. Vernachlässigen wir das schwache Eigenlicht der Netzhaut, so ist der Verlauf der Erregung ganz unabhängig von der gleichzeitig stattfindenden Ermüdung."

Die „Ansteigung der Empfindung im ausgeruhten Auge" hat Helmholtz aus den Integralformeln nur zu entwickeln angefangen. Die Anwendung der gefundenen Beziehungen auf das Problem der intermittirenden Beleuchtung führt auf einen Ausdruck für die Erregungsstärke bei dauernder Einwirkung der Beleuchtung von einer bestimmten Intensität, aus dem Helmholtz schliesst, dass die zur Aufstellung der Differentialgleichungen gemachte Hypothese im Einklange

ist mit dem bekannten Gesetze, „wonach die scheinbar gleichförmige Helligkeit periodisch wechselnden Lichtes dieselbe ist, welche erhalten würde, wenn die ganze Lichtmenge jeder Periode gleichmässig über die ganze Periode vertheilt wäre.“

Im Laufe des Sommers erschien die zweite Lieferung seines Handbuches der physiologischen Optik, die er noch vor dem Tode seiner Frau fertig gestellt hatte, und von der er sogleich am 6. August ein Exemplar an Fechner mit den Begleitzeilen übersandte:

„Sie finden in jener zweiten Abtheilung die Gegenstände, welche in Ihren eigenen letzten Arbeiten behandelt sind. Das Capitel über Lichtstärke hatte ich schon wesentlich ebenso niedergeschrieben, wie es ist, ehe ich Ihre Abhandlung darüber bekam. Ich habe nachträglich die entsprechenden Modificationen erst hineingebracht. In den Nachbildern, werden Sie sehen, habe ich durchaus auf Sie gebaut; der Contrast hat mir am meisten Mühe gemacht; ich habe versucht, in diesem Capitel aufzuräumen, aber noch genügt es mir nicht recht.“

Diese zweite Abtheilung seiner physiologischen Optik, welche die Lehre von den Gesichtsempfindungen behandelt, bespricht zunächst die verschiedenen Arten der Reizung des Sehnervenapparates und geht sodann zu der Reizung desselben durch Licht über, um weiter die in den früher veröffentlichten Arbeiten von ihm und anderen aufgestellten Theorien der einfachen und zusammengesetzten Farben im Zusammenhange zu entwickeln. Ueber die Intensität und Dauer der Lichtempfindung liefert er eine Reihe von Untersuchungsmethoden und Resultaten, zu denen noch einzelne seiner späteren Arbeiten, insbesondere zu dem psychophysischen Gesetze von Fechner, mannigfache und wesentliche Ergänzungen liefern, und behandelt endlich die Theorie der Nachbilder und Contrasterscheinungen auf Grund der oben besprochenen Anschauungen und mit Hülfe neuer und interessanter Versuche.

Aus der reichen Fülle wesentlich neuer Resultate, die noch nicht in seinen früheren Arbeiten enthalten waren und auch nicht mit der grossen Reihe tiefer theoretischer Deductionen und feinster Versuche, die sich an die Durcharbeitung der Forschungen anderer knüpfte, im Zusammenhang stehen, mögen zwei Punkte besonders hervorgehoben werden.

Da die physiologischen Untersuchungen eine viel genauere Scheidung des einfachen Lichtes von einander nothwendig machten, als es bei physikalischen Untersuchungen im Allgemeinen erfordert wird, so musste zunächst die Theorie der Brechung in Prismen besprochen werden, soweit sie zur Herstellung reiner Spectra nöthig ist. Während man früher nur die Brechung einzelner Lichtstrahlen in den Prismen, aber nicht die Lage und Beschaffenheit der prismatischen Bilder untersucht hatte, kam es Helmholtz wesentlich darauf an, für den Fall, dass man mit dem Auge durch ein Prisma sieht oder das aus dem Prisma tretende Licht durch Linsen und Fernröhre gehen lässt, die prismatischen Bilder für jede Art homogenen Lichtes zu kennen, da diese dann als Objecte für die weiteren optischen Bilder zu betrachten sind, welche die Augenmedien und Linsen entwerfen.

Wenn ein Strahl durch verschiedene brechende Mittel hindurchgeht, und wenn man die Länge seines Weges in jedem einzelnen Mittel mit dem Brechungsverhältniss dieses Mittels multiplicirt und die Summe aller dieser Einzelgrössen die optische Länge des Strahles nennt, so ist die optische Länge proportional der Zeit, in der das Licht die Länge des Strahles durchläuft, und ist gleich dem Wege, welchen das Licht in derselben Zeit im leeren Raume zurückgelegt haben würde. Es lässt sich demgemäss zunächst das Brechungsgesetz der Lichtstrahlen durch die Bedingung ausdrücken, dass die optische Länge des Strahles zwischen einem ihm angehörigen Punkte im ersten und einem im letzten Mittel

ein Grenzwerth (Maximum oder Minimum) ist, wenn die brechenden Mittel durch Flächen von continuirlicher Krümmung begrenzt sind. Indem Helmholtz nun den Analogien mit der Potentialfunction nachgeht, findet er, dass, wenn Lichtstrahlen von einem Punkte ausgegangen und durch beliebig viele Flächen von continuirlicher Krümmung gebrochen worden, sie nach der letzten Brechung senkrecht auf jeder krummen Fläche stehen, für deren sämmtliche Punkte die optische Länge des Strahles einen constanten Werth hat. Diese Fläche geht also durch alle diejenigen Punkte, in denen die gleiche Phase der Aetherschwingung stattfindet, und ist somit eine Wellenfläche; nach Aufstellung dieser Sätze kann er die bekannten Eigenschaften der Normalen und der Krümmung einer Fläche anwenden zur Bestimmung des Verlaufes der Strahlen in einem unendlich dünnen Strahlenbündel. Damit sind aber die Grundlagen gewonnen, um die Brechungsgesetze von Strahlenbündeln in Prismen zu entwickeln. Helmholtz findet, dass ein unendlich dünnes Bündel homocentrischer Strahlen, welches von einem endlich entfernten Punkte ausgeht, nach dem Durchtritt durch ein Prisma nur dann homocentrisch bleibt, wenn es im Minimum der Ablenkung durchgetreten ist, d. h. wenn es in einer zur brechenden Kante senkrechten Ebene verläuft und gegen beide Prismenflächen unter gleichen Winkeln geneigt ist. Indem nun ein Lichtpunkt nur unter der Bedingung ein deutliches Bild haben kann, dass das gebrochene Licht homocentrisch ist, schaden offenbar bei einer Lichtlinie Abweichungen der Strahlen, welche in Richtung des Bildes dieser Linie liegen, nicht der Genauigkeit des Bildes. Hiervon ausgehend kann er die Bilder leuchtender Gegenstände entwickeln, wenn diese verticale helle Linien von verschiedenem einfarbigen Lichte sind; er gelangt so zu Helligkeitsbestimmungen des Spectrums und findet, dass die Helligkeit desselben, abgesehen von dem Verluste durch Reflexion und Absorption, direct proportional der Helligkeit

der betreffenden Farben im Spectrum, der scheinbaren Breite des Spaltes und umgekehrt proportional der scheinbaren Länge des betreffenden Theiles des Spectrums ist.

Es mag ferner noch eines Zusatzes Erwähnung geschehen, der sich in diesem Hefte zu seinen früher besprochenen Farbenuntersuchungen und der eingehenden Darstellung der Grassmann'schen Theorien findet und der durch eine merkwürdige Parallele von Interesse ist. Während er Schwarz als eine wirkliche Empfindung bezeichnet, d. h. als eine Wahrnehmung eines bestimmten Zustandes unseres Organs, wenn es auch durch Abwesenheit alles Lichtes hervorgebracht wird, und somit die Empfindung des Schwarz als deutlich unterschieden betrachtet von dem Mangel aller Empfindung, hebt er hervor, dass, wenn wir von der Beschaffenheit der objectiven Lichtquellen absehen, bis jetzt noch kein einziges Kennzeichen aufgefunden worden ist, wodurch unter den verschiedenen Abstufungen weisslicher Farbentöne ein solcher als das normale Weiss eine besonders ausgezeichnete Rolle spielte. „Da übrigens", fügte er hinzu, „die thierischen Organe in der Reihe der Generationen sich ihren am häufigsten eintretenden Aufgaben anpassen, so ist es allerdings nicht auffallend, dass die Farbe des Sonnenlichtes eine centrale, wenn auch nicht gerade bestimmt zu definirende Stellung im Farbensysteme einnimmt."

Gleichzeitig mit der Fortführung der physiologischen Optik war in Folge der fundamentalen Entdeckungen, die er in der physiologischen Akustik gemacht hatte, sein Plan entstanden, ein ähnliches umfassendes Werk über die Tonempfindungen zu bearbeiten. Im Jahre 1860 schrieb er Donders:

„Ich habe mich daran gemacht, meine akustischen Arbeiten zusammenzuschreiben; es soll daraus ein kleines Buch von möglichst populärer Haltung werden, um es auch den Musikliebhabern zugänglich zu erhalten, weil ich meine, auch die physikalisch-physiologische Begründung der Harmonielehre darin niederlegen zu können."

Helmholtz suchte Trost und Zerstreuung in der intensivsten geistigen Arbeit; in seinem Hause selbst sah es trotz der liebevollsten und aufopferndsten Anhänglichkeit, mit der sich seine Schwiegermutter der Erziehung der beiden kleinen Kinder annahm, öde und traurig aus. Alle äusseren Ehren, die ihm erwiesen wurden, die Ernennung zum correspondirenden Mitglied der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, die Ertheilung des Sömmering'schen Preises der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a. M., machten wenig Eindruck auf ihn, hatten ihm doch früher all' die vielen Auszeichnungen hauptsächlich nur dadurch Freude bereitet, dass er wusste, wie alles dies seinen alten Vater und seine geliebte Frau mit Stolz und Genugthuung erfüllte. So flüchtete er sich, in seinem Herzen verwaist, von den Arbeiten des Semesters und dem unausgesetzten Nachdenken über die schwierigsten Probleme menschlichen Erkennens fast aufgerieben, im Sommer 1860 nach Schottland zu seinem Freunde W. Thomson, den er auf der Insel Arran zu finden wusste, und kehrte erst nach einigen Wochen innerlich ruhiger und körperlich erfrischt über Edingburgh und Hamburg nach Heidelberg zurück.

Zunächst nehmen ihn nun seine akustischen Untersuchungen fast ausschliesslich in Anspruch; er schreibt seinem Bruder Otto:

„Der physiologische Grund der Consonanz und Dissonanz lässt sich einfach dahin aussprechen: Consonanz ist continuirliche Tonempfindung, Dissonanz discontinuirliche. Zwei Töne, die einander nahe sind, geben zusammenklingende Schwebungen, d. h. intermittirende Erregung des Nerven. Wenn man nun die Schwebungen der harmonischen Obertöne, Combinationstöne u. s. w. studirt, ergiebt sich die ganze Harmonielehre und unser modernes Tonsystem ganz einfach.“

Am 23. November hält er im naturwissenschaftlich-medicinischen Verein einen Vortrag „Ueber musikalische

Temperatur“, in dem er sich mit den Nachtheilen der temperirten Stimmung für die verschiedenen Instrumente beschäftigt, und aus dem schon seine umfassenden historischen Studien erkennbar sind, die seine spätere Lehre von den Tonempfindungen selbst hierdurch allein zu einer so staunenswerthen Leistung machten. Innerhalb einer bestimmten Durtonleiter können, damit die drei in ihr enthaltenen Accorde rein klingen, die grossen Terzen und die Quinten stets so gestimmt werden, dass sich ihre Schwingungszahlen wie 4:5 und 2:3 verhalten. Bei dem Uebergange in eine andere Tonart jedoch giebt der neu hinzutretende Accord des Endtones eine Quinte, welche nicht mehr gleich der Terz des ersten Anfangstones ist; man wurde daher bei den Tastaturinstrumenten dazu geführt, für diese beiden etwas differirenden Töne, von denen der eine die Terz des ersten Ausgangstones ist, einen einzigen Ton einzusetzen, weil eine unreine Quinte stärker empfunden wird als eine unreine Terz. Bei dem weiteren Fortschreiten in Quinten wird man auch wieder nicht zum Ausgangstone zurückgeführt; man muss deshalb, um den Fehler gleichmässig zu vertheilen, alle Quinten ein wenig ändern, wobei die Abweichung der Quinten in diesem jetzt allgemein herrschenden Stimmungssystem ausserordentlich klein ist, indem die reine zur temperirten Quinte sich wie 886 : 885 verhält. Da aber dadurch Fehler in den Terzen entstehen, und die neuere Musik durchaus harmonisch ist, so macht sich das Widrige falsch gestimmter Intervalle durch die Schwebungen ihrer Combinationstöne und harmonischen Obertöne sehr unangenehm geltend. Bei den zu künstlerischer Musik am besten geeigneten Instrumenten empfindet man den Nachtheil der temperirten Musik am wenigsten, weil Singstimmen nicht davon abhängig sind, weil man auf dem Streichinstrument den Härten ausweichen kann und das Clavier, weil seine Töne kurz verhallen, wenig geeignet zu Dissonanzen ist. Dagegen treten die Mängel der Stimmung bei allen

langsam aushaltenden Tönen, besonders auffallend bei der Physharmonika, hervor, wo die Stösse bei langsamem Spielen zu deutlich hörbar sind, und die Unterschiede rein gestimmter und temperirter Accorde so gross sind, dass letztere nach ersteren wie Dissonanzen klingen. Helmholtz will nun, um reine Harmonien herzustellen, jedem Tone der Scala zwei verschiedene Werthe geben, je nachdem er Terz oder Quint, beziehlich Grundton eines Duraccordes ist, und stellt die den Bedingungen genügende Reihe von Duraccorden auf; für die praktische Ausführung sollen entweder zwei Tastaturen eingeführt oder das Instrument für jede Tonart, welche im Laufe des Musikstückes eintritt, dadurch in richtige Stimmung gebracht werden, dass man die Töne in acht Gruppen sondert und alle Töne jeder dieser Gruppen durch einen besonderen Windcanal speist, wodurch man fast reine Intervalle erhalten kann.

Im Anschluss hieran mag schon an dieser Stelle einer späteren Arbeit von Helmholtz Erwähnung geschehen; von der Anschauung ausgehend, dass die Tonleiter in erster Linie ihre Gestaltung dem Bedürfniss der Menschen verdankt, die einzelnen Töne klar und wahrnehmbar von einander zu trennen — weshalb auch jetzt noch das ungeübtere Ohr uncivilisirter Völker nur die ganzen Töne kennt — und dass erst mit der feineren Ausbildung des Ohres auch die halben Töne in der Musik Eingang gefunden haben, war es für Helmholtz interessant und wichtig zugleich, historische Studien über die Entwickelung der Tonleiter bei den verschiedenen Völkern anzustellen, indem unsere Dur- und Molltonleitern sich erst sehr spät entwickelt haben. Aus diesen Studien war die Arbeit hervorgegangen, welche er am 2. Juli 1862 unter dem Titel „Ueber die arabisch-persische Tonleiter“ dem naturhistorisch-medicinischen Verein zu Heidelberg vorlegte. In dem von ihm angegebenen System der Construction und Stimmung musikalischer Instrumente, bei welchem man durch alle Tonarten in reinen consonanten

Accorden spielen kann, waren doppelt so viele Tonstufen nöthig, als sie sonst üblich gewesen. Seine historischen Studien führten ihn zu dem Ergebniss, dass in der griechischen Stimmung die fünfte Quinte von C vorwärts als Terz von C benutzt wird, welcher sie bis auf das kleine Intervall $^{81}/_{80}$ nahe kommt, während, wenn man von C um acht Quinten abwärts geht, man auf den Ton Fes kommt, der von der Terz von C sich nur etwa noch um den zehnten Theil des Intervalles $^{81}/_{80}$ unterscheidet und also jedenfalls für diese gesetzt werden kann. Dieselben Vertauschungen benutzten die arabisch-persischen Musiker, um reine natürliche Scalen zu erhalten; ihre Tonleiter war nach einer Reihe von 17 Quinten gestimmt, woraus Scalen mit Pythagoräischen oder mit natürlichen Terzen und Sexten gebildet wurden. Ein gemeinsames physikalisches Princip konnte Helmholtz jedoch durchweg verfolgen, nämlich das der Klangverwandtschaften. Der von Helmholtz gewählten Bezeichnung gemäss, nach welcher zwei Klänge verwandt sind, wenn sie einige gemeinsame Obertöne haben, gehört zu dem Grundton zunächst die Octave, dann auch die Quinte und Quarte; diese verwandten Klänge finden sich in allen „Tongeschlechtern“.

Die Frage der Tonleiter beschäftigte ihn noch längere Zeit vom physikalischen, historischen und ästhetischen Gesichtspunkte aus, und es mögen hier einige darauf bezügliche sehr interessante Mittheilungen von Blaserna in Rom eine Stelle finden, der wenige Jahre später in einen regen freundschaftlichen und wissenschaftlichen Verkehr mit Helmholtz getreten und dessen gütigst ertheilten, wichtigen und interessanten Aufschlüssen über Helmholtz als Menschen und Gelehrten wir auch sonst noch zu begegnen Gelegenheit haben werden. Blaserna schreibt im Mai 1902:

„ . . . . . Unsere wissenschaftlichen Gespräche fanden ihre Veranlassung in den vielen Schriften, die er und andere veröffentlichten, und waren gewissermassen ein Commentar

derselben. Aber es giebt viele andere Punkte, über die er sich gern mit mir ausliess, und die vielleicht weniger bekannt sind, da er sich darüber gar nicht oder nur wenig öffentlich ausgesprochen hat. Wir hatten viele gemeinsame Gesichtspunkte und sprachen sehr gern darüber.

„Ich glaube daher, der grossen Erinnerung an den tiefen Denker einen kleinen Beitrag zu liefern, und betrachte dies als eine der angenehmsten Aufgaben, die mir in meinem nun auch schon langen Leben zugefallen sind, wenn ich einige Hauptpunkte unseres Zusammenwirkens etwas mehr hervorhebe.

„Die bahnbrechenden Untersuchungen von Helmholtz über die Theorie des Schalles sind allgemein bekannt; wir verdanken ihnen eine sehr genaue und eingehende Kenntniss der Klangfarbe. Aber sein klassisches Buch über die Lehre von den Tonempfindungen enthält nicht nur die Resultate seiner eigenen wissenschaftlichen Forschungen, sondern auch eine überraschend schöne Ausführung der historischen Entwickelung der theoretischen Musik. In musikalischer Beziehung wie in so vielen anderen Rücksichten sind wir wirklich echte Söhne Griechenlands; aber wie brave Söhne haben wir das väterliche Erbe übernommen und grossartig weitergeführt.

„In dieser grossen Frage habe ich mich stets als Helmholtz' Schüler angesehen. Ich veröffentlichte ein populäres Buch in dieser Beziehung, welches gewissermassen als Eingang in das schwierigere Werk von Helmholtz anzusehen ist, und hielt es für eine grosse Ehre, als der französischen Uebersetzung auch eine Conferenz Helmholtz' hinzugefügt wurde, so dass unsere beiden Namen zusammen erschienen. Es bestand in dieser Beziehung eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen uns; obwohl durch die Alpen getrennt, kämpften wir beide für dieselbe Sache und freuten uns, wenn sie da oder dort einen Erfolg hatte.

„Es ist bekannt, dass wir seit Joh. Seb. Bach in der ausübenden Musik aus rein praktischen Gründen eine Ton-

leiter eingeführt haben, die von der mathematischen empfindlich abweicht. Die Scala, die seit Zerlino eine streng mathematische Form erhielt, verwickelte sich immer mehr und mehr durch die Bedürfnisse der Modulation, die im 17. und 18. Jahrhundert sich regelmässig entwickelte. Der grosse Unterschied zwischen der griechischen Musik und unserer modernen besteht darin, dass die Griechen zwar von einem beliebigen Tone ihrer Scala ausgingen, aber alle anderen Töne derselben unverändert beibehielten, während wir auch von einem beliebigen Tone ausgehen, aber dabei alle nachfolgenden modificiren, um immer in allen Tonarten dieselben Verhältnisse aufrecht zu erhalten und auf diese Weise stets den Gesetzen der Harmonie zu gehorchen. Das beständige Moduliren, worin wir ja den Reiz und die Kraft unserer Musik suchen und finden, bringt als nothwendige Folge mit sich eine grosse Zahl von Tönen, von denen sich viele zwar nahe stehen, aber nicht vollständig zusammenfallen. Die ausübende Musik war nicht in der Lage, allen diesen Anforderungen zu genügen. Dadurch entwickelte sich gegen Ende des 17. und Anfang des 18. Jahrhunderts das Bedürfniss, von den strengen mathematischen Consequenzen etwas zu opfern, Töne, die beinahe gleich sind, für ganz gleich anzusehen, und auf diese Weise an die Stelle der vollkommen reinen Musik eine ungefähre zu stellen, um nur die Ausführung wesentlich zu erleichtern. So entstanden die verschiedenen temperirten Tonsysteme, von denen das von Joh. Seb. Bach ausgedachte, gleichmässig temperirte das einfachste und entschieden das beste war. In seinem wohltemperirten Clavier hat Bach durch eine Reihe herrlicher Praeludien und Fugen gezeigt, dass sein System sich an alle Tonarten gleichmässig anpasst, und hat sich dadurch den Erfolg gesichert. Seit der Mitte des 18. Jahrhunderts wird beinahe ausschliesslich nur temperirte Musik gemacht, obwohl die Composition sich auf einer viel strengeren Basis erhalten hat.

„Es lässt sich nicht leugnen, dass die wohltemperirte Tonleiter zur Entwickelung der Blasinstrumente und ihrer Musik, sowie zur grossen Ueberhandnahme der Claviermusik wesentlich beigetragen hat. Aber es lässt sich auch nicht leugnen, dass die ausübende Musik eine ziemlich grobkörnige ist. Wir machen eigentlich eine schlechtere Musik, als sie unser Ohr verlangt. Dadurch, dass wir schon von Jugend an unser Ohr an die temperirte Scala gewöhnen, fällt es uns nicht so auf, dass die Musik eigentlich falsch klingt; aber wenn wir Gelegenheit haben, rein gestimmte Accorde zu hören, merken wir den Unterschied schnell. Gewisse Streichquartette, wo es eigentlich keine fixen Töne giebt, und alles nur vom Gehör abhängt, gebrauchen die reine Scala, vielleicht auch unbewusst. Und im a-capella-Gesang tritt dies auch ganz auffallend hervor.

„Helmholtz war meines Wissens der erste, der sich diese grosse Frage stellte, ob es nicht passend wäre, wieder zur reinen Scala zurückzukehren, und er beantwortete diese Frage mit einem entschiedenen Ja. Mit mir, als seinem Glaubensgenossen, beklagte er sich häufig und bitter, dass die Fuge so wenig weiter gehe. Ich theilte seine Unzufriedenheit; auch ich habe mich oft herumgeschlagen; aber die grosse Schwierigkeit liegt darin, dass diese Reform nicht von Seiten der wissenschaftlichen Denker, sondern auch von Seite der ausübenden Musiker ausgehen muss. Die Wissenschaft kann nur eines thun: die Aufmerksamkeit der Musiker auf diese Frage zu lenken und alles theoretisch vorzubereiten für den Fall, dass die ausübende Musik mit einer ähnlichen Aufforderung an sie herantritt. Aber die Reform muss von einem Compositeur ausgehen. Ich muss gestehen, dass ich einen Moment die Hoffnung hatte, R. Wagner dazu zu bereden. Er war in dieser, wie in so vielen anderen Fragen, sehr bewandert, wollte aber darauf nicht eingehen. Und jetzt muss ich ihm auch von seinem Standpunkte aus Recht geben. Ich glaube bestimmt, dass die Einführung der reinen

Stimmung einen ungeheuren Einfluss auf die Composition ausüben würde. Die Freude am reinen Wohlklang würde eine so grosse sein, dass die Composition wieder zur einfachen Melodie und Harmonie grossentheils zurückkehren würde. Welche Formen sie dabei annehmen würde, lässt sich nicht absehen, aber sie würde jedenfalls den Charakter einer Rückkehr annehmen von der allzu grossen Complication, die die moderne Musik angenommen hat.

„Als R. Wagner starb, sagte ich zu Helmholtz: wenn jetzt ein Compositeur käme mit einer inspirirten, aber einfacheren Musik, er risse die ganze Welt mit sich. Dieses Gefühl scheint sehr verbreitet gewesen zu sein. Denn als Mascagni mit seiner Cavalleria rusticana kam, feierte er einen nie dagewesenen Erfolg, der ihm leider den Kopf verdrehte und ihn unfähig machte, auf seiner Bahn weiter fortzuschreiten.

„Helmholtz war ein grosser Musikfreund und hatte für Beethoven und namentlich für R. Wagner eine grosse Bewunderung. Auch in dieser Beziehung gingen unsere Ansichten vollständig zusammen. Ich erzählte ihm meine persönlichen Beziehungen mit Wagner, und waren wir genau derselben Meinung über den hohen Werth seiner Tondichtungen. Für die Nibelungen-Trilogie hatte er die grösste Bewunderung und er betrachtete sie als das höchste, was das musikalische Genie je geschaffen hatte. Weniger bewunderte er Tristan und Isolde, welche ihm etwas gar zu stark mit Schopenhauer'scher Philosophie versetzt schienen. Ich muss gestehen, dass ich ihm auch hierin vollkommen beistimme."

Nachdem Helmholtz durch seine experimentellen Untersuchungen über die Klangfarbe zu dem sicheren Ergebniss gelangt war, dass die Unterschiede in den Qualitäten des Klanges hauptsächlich von der Zahl und Stärke der harmonischen, den Grundton begleitenden Obertöne abhängen, wurde er mit Nothwendigkeit darauf geführt, die Formen

der elastischen Schwingungen zu untersuchen, die von verschiedenen tönenden Körpern ausgeführt werden. Er veröffentlichte die Resultate seiner Forschungen über die durch einen Geigenbogen hervorgebrachten Schwingungen der Saiten in den „Proceedings of the Glasgow Philosophical Society" am 19. December 1860 unter dem Titel „On the motion of the strings of a violin". Zunächst liess sich unmittelbar sehen, dass die durch den Bogen bewegte Saite nur in der Ebene schwingt, in welcher die Saite und die Haare des Bogens sich befinden. Indem er eine Saite eines schönen Instrumentes mit Amylum bepuderte und stark beleuchtete, ferner an einer durch einen Elektromagnet bewegten Stimmgabel, welche während vier Schwingungen der Saite eine Schwingung vollzog, das Objectivglas eines senkrecht gegen die Saite gerichteten, von ihm zur Feststellung der Schwingungsform der Violinsaiten construirten Vibrationsmikroskop befestigte, konnte er das Stärkekörnchen eine leuchtende Curve beschreiben sehen, deren horizontale Abscissen den Elongationen der Stimmgabel und deren verticale den Elongationen der Saite entsprachen. Man kann sich nun die Bewegung als aus zwei verschiedenen Schwingungsarten zusammengesetzt denken, deren erste in Bezug auf Grösse der Amplitude bei weitem überwiegt, und deren Periode der Periode des Grundtones der Saite entspricht, unabhängig von der Stelle, an der der Bogen angesetzt wird; die zweite schwächere Bewegung dagegen bringt nur ganz kleine Einschnitte in der Curve hervor, während ihre Schwingungsperiode einem der höheren Obertöne der Saite entspricht, wobei in allen Knotenpunkten des Obertones die Hauptbewegung allein erscheint. Die Versuche ergaben für die Hauptbewegung, dass jeder Punkt derselben erst mit einer constanten Geschwindigkeit in der einen Richtung vorwärts geht und dann mit einer anderen constanten Geschwindigkeit in die erste Lage zurückkehrt, woraus sich mit Beachtung des Umstandes, dass die Schwingungen einer

Saite in einer Ebene vor sich gehen, mit Hülfe der Fourierschen Reihe der analytische Ausdruck der Elongation eines jeden Punktes als Function der Entfernung des Punktes von einem Ende der Saite und der Zeit angeben lässt. Mit dieser Hauptschwingungsform setzen sich nun kleinere Schwingungsformen zusammen, deren Art sich in genau derselben Weise ausdrücken lässt, wenn der Bogen einen Punkt berührt, dessen Entfernung vom nächsten Ende der Saite der reciproke Werth einer ganzen Zahl von der Gesammtlänge der Saite ist; in diesem Falle werden, den Untersuchungen von Young für die Saite einer Harfe analog, die Obertöne, welche Multiplen jener ganzen Zahl entsprechen, nicht gehört, obgleich das Ohr sehr wohl alle anderen Obertöne unterscheidet. Aus der Zusammensetzung jener Ausdrücke folgert Helmholtz durch einfache analytische Betrachtungen, dass bei der Bewegung der Saite der Fusspunkt der Abscisse ihres Gipfels mit constanter Geschwindigkeit auf der Linie der Gleichgewichtslage hin und her eilt, während der Gipfelpunkt selbst zwei durch die Endpunkte der Saite gehende, oberhalb und unterhalb der Gleichgewichtslage verlaufende parabolische Bögen beschreibt, und die Saite selbst in den beiden geraden Linien ausgespannt ist, welche je einen Punkt der parabolischen Bögen mit den Enden der Saite verbinden.

Ein arbeitsvolles und mit den reichsten wissenschaftlichen Funden gesegnetes Jahr lag hinter ihm; trotzdem war der Rückblick auf diese Zeit ein trauriger. Die Weihnachtstage des Jahres 1859 waren die Tage des Todeskampfes der von ihm so geliebten Frau gewesen, die ihn von dem einfachen Assistenzarzt in Potsdam zu dem berühmtesten Physiologen und Physiker seiner Zeit hatte emporsteigen sehen, und die mit der aufopferndsten Liebe und der sinnigsten Anmuth sein Haus zu verschönern und sein Gemüthsleben immer inniger zu gestalten wusste. Und nun fanden ihn die Weihnachtstage des Jahres 1860 körper-

lich matt, geistig überarbeitet, sein inneres Seelenleben verödet. Trotz aller Liebe und Aufopferung seiner Schwiegermutter musste er sich sagen, dass den beiden noch jungen Kindern die Erziehung nicht zu Theil werden könne, wie er und seine Frau sie einst geplant, dass vor allem sein von den weitesten Interessen für Wissenschaft und Kunst erfüllter Geist, welcher selbst bei seinen Schöpfungen abstractester Natur der Anmuth und Aesthetik nicht entrathen konnte, in Gefahr komme zu vertrocknen und damit auch jene so bewunderte Fruchtbarkeit und Productivität zu verlieren, die ihn über alle Naturforscher jener Zeit erhob.

Am 13. Februar 1861 schreibt Helmholtz an W. Thomson:

„. . . . Ich musste deshalb ernstlich daran denken, eine andere Ordnung der Dinge herbeizuführen, und sollte dies einmal geschehen, so war es für alle Betheiligten am besten, es bald zu thun. Schliesslich ist es schneller gekommen, als ich selbst vermuthet hatte, denn wenn die Liebe erst einmal Erlaubniss erhalten hat, aufzukeimen, fragt sie nachher die Vernunft nicht mehr, wie schnell sie wachsen darf. Meine Braut ist ein reich begabtes, gegen mich verhältnissmässig junges Mädchen, und wird, denke ich, zu den Heidelberger Schönheiten gerechnet. Sie hat sehr schnellen Verstand und Witz, ist sehr gewandt in der Gesellschaft, da sie einen grossen Theil ihrer Erziehung in Paris und London unter Leitung einer englischen Dame, der Gemahlin ihres Onkels Mohl, der Professor der Persischen Sprache am Collège de France in Paris ist, erhalten hat. Sie spricht deshalb geläufig französisch, und ist in der englischen Sprache mir entschieden überlegen. Uebrigens hat ihre fashionable Erziehung ihrem ruhigen, guten und reinen Wesen keinen Eintrag gethan.“

Herzlich sind die Glückwünsche der alten Freunde:

„Möge das Glück an Dir nachholen, was es Dir schuldig geworden ist, und mögest Du das herzkränkende Leid ver-

gessen lernen, mit dem Du vor uns Allen heimgesucht worden bist", schreibt ihm du Bois am 26. Februar 1861.

Sein treuer Freund Brücke am 9. März:

„Möge es Dir gelingen, empirisch nachzuweisen, dass nicht nur die körperlichen, sondern auch die geistigen Eigenschaften der Menschen sich von Geschlecht zu Geschlecht fortpflanzen, dann wird aus der Vermischung des Blutes Helmholtz mit dem Blute Mohl eine Nachkommenschaft erwachsen, welche die Welt mit Staunen und Bewunderung erfüllt."

Aber du Bois begehrt Näheres zu wissen, das Schicksal Helmholtz' liegt ihm sehr am Herzen.

„Meine Braut", antwortet ihm Helmholtz am 2. März 1861, „ist die Tochter Robert v. Mohl's; sie war mir von Anfang an in Heidelberg als ein sehr aufgewecktes Mädchen aufgefallen, ich war aber wenig mit ihr zusammengekommen. Sie war auch lange abwesend in Paris, im Hause ihres Onkels Julius v. Mohl, des Professors der persischen Sprache am Collège de France. Dessen Frau ist eine Engländerin und hat meine Braut mehrere Male auf längere Zeit bei sich gehabt in Paris und in England, und hat ihr ein gut Theil von den besseren Seiten der englischen und französischen Sitte und Bildung beigebracht. Ich muss sagen, dass ich im vorigen Sommer Anna v. Mohl noch mehr vermieden als gesucht habe, weil ich fühlte, dass ein Mädchen ihrer Art für mich gefährlich sein würde, und ich mir eigentlich nicht einbildete, als Wittwer mit zwei Kindern, und über das Jünglingsalter weit hinaus, noch um die Hand einer viel jüngeren Dame werben zu dürfen, die alle Eigenschaften hatte, um in der Gesellschaft eine hervorragende Rolle zu spielen. Nachher hat sich's schnell gemacht, und ich sehe jetzt mit neuen glücklichen Aussichten der Zukunft entgegen. Zu Pfingsten soll Hochzeit sein."

In den Osterferien ging Helmholtz nach England, um zwei Vorlesungen über die physiologische Theorie der Musik

zu halten, musste jedoch noch ohne jegliche Vorbereitung einen dritten Vortrag übernehmen, da B. Jones und Faraday darauf bestanden, dass er sich noch zu einer Abendvorlesung über Erhaltung der Kraft entschliesse. In diesem am 12. April 1861 gehaltenen Vortrage „On the Application of the Law of the Conservation of Force to Organic Nature“ giebt er, ähnlich wie in seinen früheren Vorlesungen, zunächst eine Darstellung des Princips der Erhaltung der Kraft, welches er, weil dasselbe keine Beziehungen zu der Intensität der Kraft hat, mit Rankine lieber das Princip von der Erhaltung der Energie genannt wissen will, und das er als den wichtigsten Fortschritt der Naturphilosophie im vorigen Jahrhundert bezeichnet, weil es alle Gesetze der Physik und Chemie umschliesst. Nun aber geht er zu der Anwendung dieses Princips auf organische Wesen über; er weist darauf hin, dass die Fortdauer des Lebens an die fortdauernde Aufnahme von Nahrungsmitteln gebunden ist, welche, nachdem sie nach vollendeter Verdauung in die Blutmasse übergegangen sind, in den Lungen einer langsamen Verbrennung unterworfen werden und schliesslich fast ganz in dieselben Verbindungen mit dem Sauerstoff der Luft übergehen, welche bei einer Verbrennung in offenem Feuer entstehen würden. Da nun die Quantität der durch Verbrennung erzeugten Wärme unabhängig ist von der Dauer der Verbrennung und den Zwischenstufen, in denen sie erfolgt, so kann man auch aus der Masse des verbrauchten Materials berechnen, wie viel Wärme oder dieser äquivalente Arbeit von einem Thierkörper erzeugt werden kann, Versuche, die jedoch mit grossen Schwierigkeiten verbunden sind. Bei Gelegenheit der später von ihm erbetenen Beurtheilung einer wissenschaftlichen Arbeit hebt er hervor, dass die Schwierigkeiten, die sich dem praktisch sehr schwer zu behandelnden physiologischen Problem von fundamentaler Bedeutung entgegenstellen, nämlich der Frage nach der Wärmeproduction im thierischen Körper und ihrem Zusammenhange mit dem

Stoffwechsel, hauptsächlich dadurch bedingt sind, dass die zu messende Wärme nicht plötzlich, sondern nur im Laufe von Stunden zur Entwickelung kommt, also auch nicht annähernd in einem Apparat zusammengehalten werden kann, dass ausserdem ein grosses Luftquantum durch einen solchen Apparat geleitet werden muss, welches einen guten Theil der erzeugten Wärme mit sich fortnimmt, abgesehen von der durch die nothwendige Grösse des Apparates bedingten Vermehrung der Arbeit. Aber innerhalb der erreichbaren Grenzen zeigen die Versuche, dass die im Thierkörper wirklich erzeugte Wärme der durch die chemischen Processe zu liefernden entspricht. So weiss er es verständlich zu machen, dass der Thierkörper sich durch die Art, wie er Wärme und Kraft gewinnt, nicht von der Dampfmaschine unterscheidet, wohl aber durch die Zwecke und die Art und Weise, zu welchen und in welchen er die gewonnene Kraft weiter benutzt. Er hebt zum Schlusse seiner Vorlesung hervor, wie durch alle diese Untersuchungen die Hypothese von der Lebenskraft allmählich ganz verdrängt worden sei, und endet mit der Betrachtung, dass die jetzige wissenschaftliche Jugend, welche die wahren Gründe für alle diese Processe zu ermitteln sucht, einen Unterschied chemischer und mechanischer Arbeit in dem lebenden Körper und ausserhalb desselben gar nicht mehr kennt. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie zeigt den Weg, auf welchem diese fundamentalen Fragen, welche so viele theoretische Speculationen verursacht haben, durch Versuche wirklich und vollständig gelöst werden können.

Am 16. Mai 1861 fand die Hochzeit von Helmholtz mit Fräulein Anna von Mohl statt.

„Es haben sich gerade die nächsten Freunde von Helmholtz“, schreibt die Schwester seiner verstorbenen Frau, „damals nicht darein finden können, dass er schon nach einem Jahre eine neue Ehe schloss. Nach dem idealen Glück der ersten erschien ein solcher Schritt so bald nahezu

unfassbar. Es geschah ihm Unrecht. Er hatte seine Frau nicht erst mit ihrem leiblichen Tode verloren — sie war neben ihm erloschen, dem furchtbaren Charakter ihrer Krankheit gemäss. Während des letzten Jahres derselben schon starb ihr inneres Leben Schritt für Schritt, ihre Interessen, ihre Antheilnahme erlahmten. Nur im Tode war sie wieder auf ihrer alten geistigen und moralischen Höhe. So war Helmholtz lange schon ein einsamer Mann, als sie schied, und der Blick in die Zukunft, mit zwei kleinen Kindern und deren Grossmutter, die trotz aller Hingabe und Opferfreudigkeit doch eben eine ältere Frau war, sehr trübe. Für ihn, der an die regste geistige Gemeinschaft gewöhnt war, ganz unmöglich. Er wählte die Frau, die ganz seinem Bedürfniss entsprach. Sehr bedeutend, talentvoll, mit weitem Blick und hohen Aspirationen, weltgewandt und erzogen in einer Sphäre, welche Intelligenz und Charakter gleichwerthig entwickelt hatte, war Anna von Mohl ihm bis an seinen Tod eine bewundernswerthe Genossin, war ihr Urtheil ihm stets eine Autorität.“

